Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

LII. Jahrgang

1931

II. Halbjahr

Berlin
Im Buchhandel durch Julius Springer
1931

Inhaltsverzeichnis.

(II. Halbjahr 1931)

A. Sachverzeichnis.

Zeichenerklärung: * = größerer Aufsatz. — Brf. = Brief an die Schriftleitung. — B. = Berichtigung. — Vortr. = Vortrag. Bespr. = Besprechung.
Alle Zeichen stehen vor der Seitenzahl. Weitere Abkürzungen s. Abt. A IV, VDE.
Die Umlaute ä, ö, ü und ae, oe, ue sind wie die einfachen Laute a, o, u behandelt; Worte mit Umlauten sind den gleichartigen Worten mit einfachen Lauten nachgestellt.

I. Aufsätze, Rundschau und kleinere Mitteilungen.

II. Persönliches.

III. Literatur.

Elektrotechnische Zeitschrift.

Ankündigung von Büchern.

Verschiedenes.

Buchbesprechungen.

IV. Vereinsnachrichten.

Verband Deutscher Elektrotechniker.

Kommissionen und Ausschüsse.

(Änd. = Änderungen und Nachträge zu früheren Entwürfen oder bestehenden Vorschriften usw. Entw. = vollständiger Abdruck von Entwürfen).

V. Geschäftliche Mitteilungen.

B. Namenverzeichnis.

Die Verfasser von Büchern sind nicht in diesem Verzeichnis, sondern unter Abteilung A III des Sachverzeichnisses aufgeführt. Persönliche Nachrichten siehe unter Abteilung A II des Sachverzeichnisses.

Zeichenerklärung: * = größerer Aufsatz. — Brf. = Brief an die Schriftleitung. — B. = Berichtigung. — Vortr. = Vortrag. Bespr. = Besprechung. — Alle Zeichen stehen vor der Seitenzahl.

Die Umlaute ä, ö ü und ae, oe, ue sind wie die einfachen Laute a, o, u behandelt; Worte mit Umlauten sind den gleichartigen Worten mit einfachen Lauten nachgestellt.

Druck von H. S. Hermann G. m. b. H., Berlin SW 19.

E T Z

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

INHALT

27. HEFT · 52. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9
(857—888) 2. JULI 1931

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

52. Jahrgang | Berlin, 2. Juli 1931 | Heft 27

Eine graphische Methode zur Ermittlung des Strom- und Spannungsverlaufes gleichgerichteter, durch Drossel oder Kondensator beruhigter Wechselströme.

Von Dipl.-Ing. H. Immelen, Köln.

Übersicht. Bei Verwendung gleichgerichteten Wechselstromes ist die Kenntnis des Stromverlaufes fast stets von großer Bedeutung. Es wird ein graphisches Verfahren angegeben, das die Strom-Zeit-Kurve bei Vorhandensein von Kapazität oder Induktivität zu ermitteln gestattet. Insbesondere ist das Verfahren im Gegensatz zur rechnerischen Lösung auch dann anwendbar, wenn der gleichzurichtende Strom keine Sinusform hat und wenn im Stromkreis ein von der Stromstärke abhängiger Widerstand (Gleichrichterröhre) sich befindet.

Um einen gleichgerichteten Wechselstrom zu beruhigen, wird in den Stromkreis des Verbrauchers eine Drossel oder parallel zum Verbraucher ein Kondensator gelegt. Die Drossel hat das Bestreben, einen in ihr fließenden Strom bestehen zu lassen, der Kondensator das Bestreben, eine ihm aufgedrückte Spannung zu erhalten. Der beruhigte Strom ist ein sog. Wellenstrom[1], d. h. er setzt sich aus einem Gleichstrom und einem darübergelagerten Wechselstrom zusammen. Wird das Beruhigungsmittel groß gewählt, so kann der übergelagerte Wechselstrom zwar sehr klein werden, doch vollständig verschwinden kann er nicht. Es entsteht daher die wichtige Frage nach dem Verlauf des Wellenstromes in Abhängigkeit von der Zeit. Der Wellenstrom (bzw. die Wellenspannung) gehorcht einer Differentialgleichung, deren rechnerische Lösung erhebliche Schwierigkeit verursacht, da die Stellen, an denen die treibende Spannung Null ist, Unstetigkeitsstellen sind, über die nicht ohne weiteres hinweggintegriert werden darf. Die Anfangsbedingungen sind für jede Halbperiode andere, und für jede Halbperiode müßte die Differentialgleichung neu gelöst werden. Ist die treibende Spannung keine Sinusfunktion oder ist gar die Induktivität der Drossel oder der im Stromkreis befindliche Widerstand von der Stromstärke abhängig, dann versagt die rechnerische Methode vollkommen. Im folgenden wird daher ein graphisches Verfahren angegeben, das es ermöglicht, den Strom- und Spannungsverlauf zu finden; diesem Verfahren gebührt auch wegen seiner Anschaulichkeit der Vorzug.

Die grundsätzliche Schaltung mit einer Drossel als Beruhigungswiderstand ist durch Abb. 1 wiedergegeben und der Verlauf des Stromes, $i = f(t)$, ist durch die Konstruktion in Abb. 2 gefunden worden. Der Konstruktion liegt folgender Gedankengang zugrunde: Für den Stromkreis der Abb. 1 gilt für jeden Zeitpunkt die Gleichung

$$U - L\frac{di}{dt} - Ri = 0 \qquad (1)$$

oder

$$\frac{di}{dt} = \frac{U - Ri}{L}. \qquad (2)$$

i ist der Augenblickswert des Stromes in Ampere, U die Spannung in Volt, t die Zeit in Sekunden, L die Induktivität in Henry, R der Widerstand in Ω, in dem auch der Widerstand W des Gleichrichters Gl enthalten sein möge. Gl. (2) stellt eine Proportion dar und besagt, daß sich die Stromänderung di zur Zeit dt verhält wie die treibende Spannung U abzüglich des augenblicklichen Spannungsverlustes Ri zur Induktivität L. Von dieser Proportion wird bei der Konstruktion der Stromkurve sinngemäß Gebrauch gemacht.

In einem Koordinatensystem wird die Spannung U als Funktion der Zeit t dargestellt, beide Größen in beliebigem Maßstab m_U und m_t. In Abb. 2 ist eine Sinusfunktion angenommen; es soll aber betont werden, daß U einen ganz beliebigen Verlauf haben kann, ohne daß die Konstruktion dadurch schwieriger wird. In den linken oberen Quadranten wird die Kurve $Ri = f(i)$ eingezeichnet, nachdem man auch für i einen beliebigen Maßstab gewählt hat. Im Beispiel der Abb. 2 ist für R ein konstanter Widerstand von 3000 Ω angenommen und daher wird $Ri = f(i)$ durch eine Gerade dargestellt. Es macht aber keine Schwierigkeit, hier z. B. den veränderlichen Widerstand des

Abb. 1. Schaltbild für Beruhigung durch Drossel.

Gleichrichters zu berücksichtigen. Da Ri eine Spannung ist, gilt für sie auch der Maßstab m_U von U. Endlich wird noch der Wert von L auf der Abszissenachse von Null nach links aufgetragen. Der Maßstab für L ist festgelegt durch

$$m_L = \frac{m_U \, m_t}{m_i}. \qquad (3)$$

Für den Fall, daß L nicht konstant, sondern eine Funktion von i ist (Eisendrosseln in der Nähe des Sättigungspunktes), muß $L = f(i)$ durch eine Kurve angegeben werden. In Abb. 2 ist dies aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht angenommen, was auch für praktische Fälle meist zutreffend ist.

Jetzt kann mit der Konstruktion der Stromkurve begonnen werden. Die Zeit t wird in kleine Zeitelemente t_1, t_2, t_3 usw. zerlegt. Es wird angenommen, daß während der Zeiten t_1, t_2, t_3 usw. die konstanten Spannungen U_1, U_2, U_3 usw. herrschen. Während der Zeit t_1 herrscht die Spannung U_1, dargestellt durch die Strecke $0P_1$; i ist noch Null, also auch Ri. P_1 wird mit L verbunden und durch 0 eine Parallele zu LP_1 gezogen bis zum Punkte 1. Während des nächsten Zeitelementes t_2 herrscht die Spannung U_2. Von dieser Spannung ist jetzt die Spannung $Ri_1 = f(i_1)$ abzuziehen, der so erhaltene Punkt P_2 mit L zu verbinden und dann die Parallele durch den Punkt 1 bis zum Punkte 2 zu ziehen. Die genaue Konstruktion ist für das Zeitelement t_6 in Abb. 2 durchgeführt. Es ist aus der Ähnlichkeit zweier zugehöriger Dreiecke (z. B. $LP_6 0$ und $5\,6\,5'$) zu erkennen, daß für jedes Zeitelement Gl. (2) erfüllt ist. Die so gewonnene Kurve stellt also tatsächlich den Stromverlauf dar.

Auf den ersten Blick scheint sich eine einmal begangene Ungenauigkeit durch die ganze Kurve hindurch zu erhalten; es ist aber das Gegenteil der Fall. Ist z. B. der Stromanstieg einmal zu groß gemacht worden, so wird während des nächsten Zeitelementes dafür der Wert von Ri etwas größer und daher der Anstieg von i wieder geringer. Der Fehler wird wieder ausgeglichen. Werden die

[1] Heinke, Einführung in die Elektrotechnik. Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin 1914.

Zeitelemente klein gewählt, so läßt sich eine sehr große Genauigkeit erzielen, die für praktische Fälle vollkommen ausreichend ist.

In der Abb. 2 gilt die Kurve *I* für den angenommenen Fall, daß sich kein ohmscher Widerstand im Stromkreis befindet. Der Strom würde dann ins Unendliche wachsen; dieser Fall hat nur theoretisches Interesse. Kurve *II* gibt den Stromverlauf für Vollweg-, Kurve *III* für Halbweggleichrichtung wieder. Der Wechselstromanteil ist bei den der Abb. 2 zugrunde gelegten Werten ($U_{max} = 300$ V, $R = 3000\,\Omega$, $L = 30$ H, $f = 50$ Hz) noch recht erheblich. Außerdem ist zu sehen, daß der übergelagerte Wechselstrom keineswegs eine reine Sinusschwingung ist; außer der phasenverschobenen Grundschwingung ist noch eine Reihe von Oberschwingungen vorhanden, deren Stärke sich nach bekannten Methoden ermitteln ließe[2]. Bemerkenswert ist, daß nach etwa zwei Perioden (1/25 s!) praktisch schon der Dauerzustand erreicht ist.

Abb. 2. Konstruktion der Stromkurve (Beruhigung durch Drossel).

Die grundsätzliche Schaltung für Beruhigung durch eine K a p a z i t ä t ist in Abb. 3 wiedergegeben. Auch hier läßt sich der Verlauf der Spannung am Kondensator graphisch ermitteln. Aus den Gleichungen

$$U - i_1 W - \frac{q}{C} = 0 \qquad (4)$$

$$i_1 = i_2 + i_3 \qquad (5)$$

$$\frac{q}{C} = R\, i_3 \qquad (6)$$

$$i_2 = \frac{dq}{dt} \qquad (7)$$

ergibt sich

$$\frac{dq}{dt} = \frac{U - \frac{q}{C} - \frac{q\,W}{C\,R}}{W}; \qquad (8)$$

q ist die augenblickliche Ladung des Kondensators C.

Auf Grund der Gl. (8), die wieder eine Proportion darstellt, erfolgt die graphische Konstruktion in ähnlicher Weise wie die nach Gl. (2). In Abb. 4 ist die Konstruktion der Ladungskurve durchgeführt. Die der Abb. 4 zugrunde gelegten Werte sind: Widerstand W des Gleichrichters $1000\,\Omega$, als konstant angenommen, Belastungswiderstand $R = 3000\,\Omega$, Kondensator $C = 10{,}3 \cdot 10^{-6}$ F. Von den Maßstäben für U, W, t, q können wieder drei willkürlich angenommen werden, wonach dann der vierte bestimmt ist durch die Gleichung

$$m_W = \frac{m_U\, m_t}{m_q}. \qquad (9)$$

Bei der Konstruktion der q-Kurve ist jetzt auf folgendes zu achten: Von den Spannungen U, die wieder während eines Zeitelementes als konstant angenommen werden, ist jeweils der Wert $q/C = f_1(q)$ und der Wert $q\,C \cdot W/R = f_2(q)$ abzuziehen. Diese Konstruktion hat aber nur so lange Gültigkeit, als der Wert von U größer als der von q/C ist. Ist dies nicht mehr der Fall, dann muß in anderer Weise fortgefahren werden. q/C ist nämlich die Spannung am Kondensator; ist diese größer als die treibende Spannung U, so wird der Widerstand W des Gleichrichters unendlich groß und der Kondensator wird nur noch über den Widerstand R entladen nach der Gleichung

$$\frac{dq}{dt} = \frac{q}{C\,R}. \qquad (10)$$

Abb. 3. Schaltbild für Beruhigung durch Kondensator.

Abb. 4. Konstruktion der Ladungs- bzw. Spannungskurve (Beruhigung durch Kondensator).

Der Wert von $C\,R$, der die Dimension einer Zeit hat, wird im gleichen Maßstab m_t für t von 0 aus nach rechts auf der Abszissenachse abgetragen. Das kleine Stück der q-Kurve während eines Zeitelementes ist dann parallel zu der Geraden zu ziehen, die den Punkt von $C\,R$ mit dem augenblicklichen Wert von q auf der Ordinatenachse verbindet. So wird fortgefahren, bis die Spannung U wieder größer als die Spannung q/C geworden ist, worauf wieder die oben angegebene Konstruktion anzuwenden ist. Ist die q-Kurve gefunden, so kann daraus leicht die Kurve für die Spannung am Kondensator ermittelt werden, indem alle q-Werte durch den Wert von C dividiert werden, oder es wird einfach ein anderer Maßstab angelegt.

In Abb. 4 ist die Kurve *I* für den Fall konstruiert, daß keine Stromabnahme am Kondensator stattfindet ($R = \infty$). Der Kondensator wird dann auf einen Wert q_{max} aufgeladen, bei dem die Spannung U_{max} erreicht ist. Kurve *II* ist für $R = 3000\,\Omega$ konstruiert. Auch hier wird wie bei der Drossel der Abb. 2 der Dauerzustand nach wenigen Perioden erreicht. Die Kurven der Abb. 2 und 4 zeigen überhaupt große Ähnlichkeit, ohne aber, auch in der Art, identisch zu sein. Die beruhigende Wirkung ist jedenfalls die gleiche, und es ist nur eine Kostenfrage, ob Kondensator oder Drossel angewandt werden soll. Handelt es sich um sehr weitgehende Beruhigung des gleichgerichteten Stromes, wie z. B. für die Erzeugung der Anodenspannung von Verstärkerröhren, so werden mit Vorteil Drossel u n d Kondensator gleichzeitig verwandt.

[2] Rein-Wirtz, Radiotelegr. Praktikum, 3. Aufl. Verlag Julius Springer, Berlin 1927.

Eine Röntgenapparatur für 600 kV Röhrenspannung.

(Mitteilung aus dem Laboratorium der Elektrizitätsgesellschaft Sanitas, Berlin.)

Von K. W. Müller, Berlin.

Übersicht. Es werden technische Einzelheiten über eine Röntgenapparatur für 600 kV Röhrenspannung mitgeteilt. Vorher wird kurz auf den Zweck der Anlage eingegangen. Zum Schluß werden typische Merkmale der bei den höheren Spannungen entstehenden Röntgenstrahlen angegeben.

In der Therapie der bösartigen Geschwülste (Krebs u. a.) nimmt die Röntgenbestrahlung einen breiten Raum ein. Die großen Erwartungen, die einst auf die Röntgentherapie zur Krebsbekämpfung gesetzt wurden, haben sich leider nicht voll erfüllt. Weit bessere Resultate konnten an verschiedenen Stellen mit der Radiumbestrahlung, der Curietherapie, erzielt werden, die heute vielfach mit der Röntgentherapie kombiniert angewendet wird. Mit einer von der bisher geübten Technik abweichenden Methode konnten auch neuerdings mit der Röntgenbestrahlung bessere Erfolge erzielt werden. Die bisher in der Tiefentherapie verwendeten Filter betrugen meist 0,5 bis 0,8 mm Kupfer bei einer Röhrenspannung von 180 ... 200 kV und einem Fokus-Haut-Abstand von 23 bzw. 30 cm. Das Kupferfilter wurde auf 2 bis 3 mm verstärkt, der Fokus-Haut-Abstand auf rd. 60 cm vergrößert. Dadurch kam man den Bestrahlungsverhältnissen beim Radium etwas näher. Die Röhrenspannung konnte aus technischen Gründen bisher nicht wesentlich erhöht werden, jedenfalls nicht so weit, um den Strahlencharakter bedeutend zu verändern.

Abb. 1. Villard-Schaltung.

Beim Radium kommt in erster Linie die γ-Strahlung zur Wirkung, während die α- und β-Strahlung weggefiltert wird. Die γ-Strahlung des Radiums stellt aber, ebenso wie die Röntgenstrahlung, eine elektromagnetische Schwingung dar, sie unterscheidet sich von der Röntgenstrahlung lediglich durch die Wellenlänge. Während die kürzeste Komponente des bisher verwendeten Röntgenspektrums etwa 0,062 Å (1 Å = 10^{-8} cm) entsprechend einer Spannung von 200 kV beträgt, liegt diese beim Radium in der Größenordnung von 0,01 Å. Die äquivalente Spannung

I Leerlauf *II* Belastung

Abb. 2. Spannungen an der Röntgenröhre (U_R), den Kondensatoren (U_C) und den Transformatorklemmen (U_T).

hat einen Wert von über 1000 kV. Es muß also möglich sein, mit einer Röntgenröhre dieselbe Strahlung wie beim Radium zu erzeugen, sofern an der Röhre die entsprechende Spannung liegt. Die kürzeste in einem Röntgenspektrum auftretende Wellenlänge ist bekanntlich abhängig vom Scheitelwert der an der Röhre liegenden Spannung. Sie ist, nach dem Planck-Einsteinschen Gesetz in Å ausgedrückt, $\lambda = 12{,}35/U$ [U in kV].

Die Erzeugung von entsprechenden Spannungen bietet technisch keinerlei Schwierigkeiten. Damit ist aber die Aufgabe noch nicht gelöst; denn zur Strahlenerzeugung ist eine Röntgenröhre erforderlich, die an einer solchen Apparatur im Dauerbetrieb arbeitet. Es kommt dabei wohlgemerkt nicht allein auf die Röhre an, sondern auf ein günstiges Zusammenarbeiten von Röhre und Apparat. Bei Versuchen Ende 1927 wurde bereits festgestellt, daß gewöhnliche AEG-Therapieröhren für 220 kV an einer scheinbar besonders dafür geeigneten Schaltung ohne die geringsten Störungen mit 300 kV betrieben werden konnten. Mit der Spannung konnte damals nicht höher gegangen werden, da der Strahlenschutz nicht ausreichend war und andere Elemente der Versuchsanlage eine höhere Spannung nicht zuließen.

Abb. 3. Röhre für Tiefentherapie und Spannungen bis 220 kV.

Abb. 4. Schutzschaltung des Instruments zur Messung des Emissionsstromes.

Der Apparatur liegt die Villard-Schaltung[1] zugrunde, wie sie in Abb. 1 schematisch dargestellt ist. Herrscht an den Klemmen der Hochspannungswicklung des Transformators H eine Polarität entsprechend den nicht eingeklammerten Werten, so werden die Kondensatoren C_1 und C_2 auf je die halbe Scheitelspannung aufgeladen, da das Ventil V in dieser Stromrichtung nicht sperrt. In der folgenden Halbwelle, entsprechend den eingeklammerten Werten, sperrt das Ventil V und die Teilspannungen der drei Elemente H, C_1 und C_2 addieren sich. Das an der Röntgenröhre R liegende Potential ist gleichgerichtet und verläuft nach der Kurve U_R in Abb. 2, in der außerdem der Spannungsverlauf an den Kondensatoren und an den Transformatorklemmen eingezeichnet ist.

Abb. 5. Röntgenanlage „Gamma-Volt" für 600 kV.

An einer laboratoriumsmäßig aufgebauten Versuchsapparatur nach der Prinzipschaltung Abb. 1, die bis etwa 500 kV betrieben werden konnte, wurde zunächst die wichtigste Aufgabe, nämlich das einwandfreie Arbeiten der Röntgenröhren, in Angriff genommen[2]. Es standen nur normale

[1] Villard, Journ. de Physique Bd. 10, S. 10 (1901).
[2] H. Herrmann u. R. Jäger, Fortschr. Röntgenstr. Bd. 41, S. 426 (1930).

AEG-Therapieröhren, Type T III, zur Verfügung, die normalerweise bis 220 kV betrieben werden können; Abb. 3 zeigt eine solche Röhre. Zunächst zeigte sich, daß die Röhren bei einer Spannung von 250 ... 280 kV unruhig liefen, was sich in einem kurzen Zucken des Milliamperemeter-Zeigers und manchmal wahrnehmbarem geringen Aufleuchten der gesamten Röhre bemerkbar machte. Die Spannung wurde dann um einige kV gesenkt und die Röhre damit einige Zeit (½ ... 1 h) betrieben. Nach dieser Zeit wurde dann die Spannung wieder so weit gesteigert, bis die Röhre wieder unruhig wurde. Dieser Wert lag dann meistens schon um 20 ... 30 kV höher als die erste Spannung, bei der die Störungen auftraten.

Abb. 6. Schaltung der Anlage für 600 kV.

Es wurde dann in der gleichen Weise fortgefahren und es konnten so Röhren mit Spannungen bis über 400 kV betrieben werden. Die höchste Spannung betrug 460 kV, bei der eine Röhre noch gut arbeitete. Der Emissionstrom mußte bei diesen Spannungen auf 0,5 mA herabgesetzt werden. Er hat für jede Spannung einen höchstzulässigen Wert, bei dessen Überschreitung die Röhre unruhig wird. Dieser Wert ist nicht durch die thermische Belastbarkeit der Röhre, sondern durch innere Vorgänge in derselben bedingt.

Abb. 7. Primärstrom und -spannung des Hochspannungtransformators der 600 kV-Anlage; Leerlauf.

Die Verbesserung der Röhren ist zweifellos auf eine Steigerung des Vakuums durch Gasabsorption zurückzuführen; sie können nach einer derartigen Vorbehandlung dann innerhalb einiger Minuten mit der vollen Spannung belegt werden. Ein unbedingt sicheres Arbeiten mit derartigen Röhren im Dauerbetrieb ist bis 400 kV gewährleistet. An der konstruktiven Verbesserung der Röhren wird gearbeitet, und es ist anzunehmen, daß die Spannungen in absehbarer Zeit wesentlich heraufgesetzt werden können.

Abb. 8. Wie Abb. 7, jedoch bei 400 kV und 0,5 mA Röhrenstrom.

Die Röhrenspannungen wurden mit einer Kugelfunkenstrecke mit Kugeln von 50 cm Dmr. gemessen. Die nach den VDE-Vorschriften verlangten Ohmwerte der Dämpfungswiderstände werden in der Röntgentechnik nicht eingehalten, da sie beim Ansprechen der Funkenstrecke praktisch einen Kurzschluß des Apparates herbeiführen würden. Es werden schraubenförmig gewickelte, mit metallischen Endkappen versehene Glasrohre verwendet, die entweder mit Leitungswasser oder mit einem Gemisch von Leitungswasser und destilliertem Wasser gefüllt werden. Die Widerstände sind direkt auf den Enden der Kugelschäfte aufgebaut.

Die Messung des Röhrenstromes verlangt besondere Aufmerksamkeit. Infolge der geringen Emission von 0,5 mA ist darauf zu achten, daß nicht Sprüh- und Verlustströme mitgemessen werden, die das Gesamtergebnis fälschen würden. Im Laboratorium konnten derartige Fehler dadurch vermieden werden, daß das Meßinstrument direkt an der Röhre angebracht war. Letztere wurde in einem Strahlenschutzhaus betrieben und konnte mit dem Instrument zusammen durch ein 40 mm starkes Bleiglasfenster beobachtet werden. In einer Anlage wird das Instrument meist mehr oder weniger weit von der Röntgenröhre angebracht sein müssen. Die dabei verwendete Schaltung geht aus Abb. 4 hervor. Die Hochspannungsleitung (Metallrohr) wird bis zur Röhre geführt, aber nicht an diese angeschlossen. Von dem an irgendeiner Stelle eingebauten Instrument geht im Metallrohr eine isolierte Leitung bis zur Röhre. Alle Sprüh- und Verlustströme werden so vom Instrument nicht mitgemessen.

Abb. 9. Oszillogramm der Röhrenspannung (400 kV) bei 0,5 mA.

Abb. 10. Oszillogramm des Ventilstroms bei 400 kV und 0,5 mA.

Mit der wohl berechtigten Annahme, daß die Röhrenspannungen in absehbarer Zeit wesentlich erhöht werden können, wurde eine Apparatur für rd. 600 kV Röhrenspannung gebaut, die Abb. 5 zeigt, während Abb. 6 die Schaltung wiedergibt[3]. Es wurde dabei von dem bisher geübten Grundsatz abgegangen, Röntgenanlagen erdschlußfrei auszuführen. Um unbedingte Spannungssymmetrie zu erhalten, ist die Mitte der Anlage geerdet. Es sind zwei Hochspannungstransformatoren verwendet, die sekundärseitig einpolig geerdet sind. Durch die Aufteilung in zwei Einheiten konnten vorhandene Konstruktionselemente verwendet werden. Außerdem ist es möglich, die Anlage in zwei voneinander getrennten Teilen aufzubauen, wenn die zur Verfügung stehenden Räume einen geschlossenen Aufbau nicht gestatten. Aus rein spannungstechnischen Gründen sind auf jeder Seite der Anlage zwei Kondensatoren in Serie verwendet sowie die Heiztransformatoren Z_1 und Z_2 für die Röhrenheizung und Z_6 und Z_7 für die Heizung des Ventils V_4 in Kaskade geschaltet. Für 600 kV Röhrenspannung hätten zwar drei Ventile ausgereicht; um aber die Mitte der Ventilanordnung ebenfalls erden zu können, mußte ein geradzahliges Vielfaches genommen werden. Die parallel zu

Abb. 11. Strom der Röntgenröhre (4 mA, gestrichelt: 0,5 mA).

[3] Vgl. ETZ 1930, S. 1047.

den Ventilen V_1 und V_4 geschalteten Kondensatoren C_5 und C_6 haben die Aufgabe, die gleichmäßige Verteilung der Spannung auf alle Ventile zu gewährleisten. Die Heiztransformatoren Z_3 und Z_5 bilden Parallelkapazitäten zu den Ventilen V_2 und V_3. Da die Verteilung der Gesamtspannung auf die Ventile von deren in Serie geschalteten Kapazitäten abhängt, mußten als Ausgleich der parallel zu den Ventilen V_2 und V_3 liegenden Heiztransformatoren-Kapazitäten entsprechende Kondensatoren den Ventilen V_1 und V_4 parallel gelegt werden. Die Isolation sämtlicher Heiztransformatoren besteht aus gesteuerten Hartpapierrohren.

Abb. 7 zeigt die primären Strom- und Spannungskurven der Hochspannungstransformatoren bei Leerlauf. Durch die sehr hohe Eigenkapazität der Sekundärwicklungen ist der Magnetisierungstrom überkompensiert, der Strom ist gegenüber der Spannung voreilend. Die Form der sekundären Spannungskurve entspricht vollkommen der primären. Bei 400 kV Röhrenspannung und 0,5 mA Emissionstrom gibt Abb. 8 nochmals die primären Kurven wieder. Die Stromkurve hat eine wesentlich andere Form angenommen und ist auch nicht mehr symmetrisch zur Nullinie. Letzteres ist bedingt durch die verschiedenen Belastungsverhältnisse während der einzelnen Halbwellen. Der voreilende Charakter des Stromes bleibt jedoch bestehen, da die zusätzliche Wirkleistung durch die Röhrenbelastung gegenüber der kapazitiven Blindleistung der sekundären Transformatorenwicklung gering ist. Die Spannungskurve zeigt auf der einen Seite eine geringe Abflachung, die durch den in dieser Zeit auftretenden Ladestrom der Kondensatoren entsteht. Abb. 9 stellt die an der Röhre liegende Spannungsform bei 0,5 mA Belastung dar. Es fällt dabei auf, daß die Spannung etwas unter die Nullinie sinkt. Diese geringe Gegenspannung ist gleich dem Spannungsabfall in den Ventilen, der während der Ladezeit der Kondensatoren auftritt. Die Ladung beginnt dann, wenn die Transformatorenspannung die Kondensatorenspannung erreicht hat. Von einer Aufladung zur anderen fällt die Kondensatorenspannung etwas ab; dieser Abfall ist abhängig vom Röhrenstrom und der Kapazität der Kondensatoren. Die Form des durch die Ventile fließenden Ladestromes geht aus Abb. 10 hervor; sein Mittelwert muß gleich dem des Röhrenstromes sein, der Scheitelwert liegt aber wesentlich höher und ist für die Emissionsbeanspruchung der Ventile maßgebend. Die Form des Röhrenstromes wird durch Abb. 11 veranschaulicht. Dieser mußte für die oszillographische Aufnahme mit Rücksicht auf die Empfindlichkeit der Meßschleife auf 4 mA gesteigert werden. Die gestrichelt eingezeichnete Kurve entspricht etwa dem Verlauf bei 0,5 mA. Sein späteres Absinken auf Null ist durch die auch später den Nullwert erreichende Spannung bedingt, da durch den geringeren Emissionstrom die Kondensatoren weniger entladen werden.

Abb. 12. Abhängigkeit der Strahlenintensität von der dritten Potenz der Röhrenspannung.

Die Intensität der Röntgenstrahlung geht unter bestimmten Bedingungen mit der dritten Potenz der an der Röhre liegenden Scheitelspannung, was auch aus dem durch Abb. 12 wiedergegebenen Meßergebnis hervorgeht[4]. Abb. 13 zeigt Bleiabsorptionskurven für verschiedene Spannungen[5], wobei die Intensität im logarithmischen Maßstab aufgetragen ist. Die starke Abnahme der Absorption mit steigender Spannung ist daraus gut ersichtlich. Abb. 14 gibt die erforderliche Bleischutzstärke in Abhängigkeit von der Röhrenspannung an[5], wenn für alle Spannungen die Strahlenschwächung den gleichen Betrag erreichen soll. Die erforderliche Bleistärke muß bei 400 kV Röhrenspannung bereits 14,5 mm betragen, sie erreicht bei weiterer Spannungssteigerung beträchtliche Dimensionen, wenn an den bisherigen Vorschriften festgehalten wird.

Abb. 13. Bleiabsorptionskurven bei 1 mm Cu + 1 mm Al Vorfilterung. Intensität für alle Spannungen bei 0 mm Pb gleich 1000.

Abb. 14. Erforderliche Bleischutzstärke in Abhängigkeit von der Röhrenspannung.

Die erste Apparatur der beschriebenen Ausführung — sie führt die Bezeichnung „Gamma-Volt" — ist in der Frauenklinik der Charité, Berlin, aufgestellt.

[4] Nach Herrmann u. Jäger, wie Fußnote 2.
[5] H. Herrmann u. R. Jäger, Fortschr. Röntgenstr. Bd. 42, S. 115 (1930).

Über objektive Lichtstrommessung mittels photoelektrischer Zelle und über selbsttätige Bestimmung der Lichtausbeute bzw. Sortierung von Glühlampen.

(Mitteilung aus dem Physikalischen Laboratorium der Fabriken-Versuchs-Abteilung der Osram G. m. b. H.)

Von W.-W. Loebe u. C. Samson, Berlin.

Übersicht. Es wird eine Einrichtung beschrieben, die unter Verwendung einer Photozelle und einer Verstärkerröhre die unmittelbare Messung des Lichtstromes von Glühlampen für 15 ... 100 W mittels eines normalen Zeigerinstrumentes ermöglicht. Die angewandte Schaltung und der praktische Aufbau werden erläutert, die Meßresultate, besonders hinsichtlich des Vergleiches zwischen subjektiver und objektiver Messung, sowie die Betriebserfahrungen mitgeteilt. Im zweiten Teil wird beschrieben, wie diese Einrichtung zur unmittelbaren Ablesung der Lichtausbeute (in HLm/W) ausgebaut wurde. Auch von dieser Einrichtung werden die prinzipiellen Grundlagen, die Einzelheiten des Aufbaues sowie die Betriebserfahrungen mitgeteilt. In einem dritten Teil schließlich wird die Fortentwicklung dieser Einrichtung zu einer Sortiermaschine für Glühlampen behandelt.

Es besteht seit langem der Wunsch, die verhältnismäßig unsicher und langsam arbeitende subjektive Methode der Lichtmessung durch eine objektive zu ersetzen. Wir haben unsere Arbeiten in der Richtung durchgeführt, die Messung der Lichtströme kleiner und mittlerer Lampen mit der Genauigkeit bester Subjektivmessungen unter Benutzung einer photoelektrischen Zelle zu ermöglichen. Dabei strebten wir danach, nur betriebsmäßige Meßgeräte zu verwenden (also Spiegelgalvanometer, Elektrometer oder ähnliches unter allen Umständen zu vermei-

den), sowie danach, möglichst hohe Meßgeschwindigkeiten zu erreichen. Die erste Forderung — Verwendung betriebsmäßiger Hilfsmittel — war nur zu erfüllen, wenn Verstärkerröhren zu Hilfe genommen wurden, die die schwachen Photoströme so weit verstärken, daß eine Ablesung mittels normaler Präzisionsinstrumente möglich wird. Der zweiten Forderung — Erreichung möglichst hoher Meßgeschwindigkeiten — kann man nur dann nachkommen, wenn man auf Abgleichung irgendwelcher Widerstände, Brücken o. dgl. verzichtet und eine direkte Ablesung der Lichtstärke an einer Skala erreicht.

Auf diesem Gedankengange aufbauend, haben wir, unterstützt durch die Mitarbeit des Herrn Dr. Bobek, eine betriebsmäßige Apparatur zur objektiven Lichtstrommessung entwickelt, die in dem ersten Teil der nachfolgenden Darstellung beschrieben ist. Darüber hinaus haben wir unter Benutzung der gleichen Schaltelemente und unter Hinzunahme einer Lichtzeigeranordnung mit auf die Meßinstrumente aufgesetzten Spiegeln eine Einrichtung durchgebildet, die unmittelbar die Ablesung der Lichtausbeute auf einer Skala gestattet. Diese Einrichtung ist im zweiten Teil genauer beschrieben.

Es liegt nahe, diese Einrichtung dann weiter dahin auszubauen, daß eine selbsttätige Sortierung der Lampen vorgenommen wird in solche, die innerhalb der für die Lampendaten gegebenen Toleranzen liegen, und solche, die außerhalb fallen. Eine Prüfung auf Wendelbruch oder Kurzschluß der Sockelleitungen läßt sich relativ einfach damit verbinden. Der Aufbau dieser Sortiermaschine wird im dritten Teil kurz behandelt.

I. Apparatur zur objektiven Lichtstrommessung.

1. Grundlegende Schaltung.

Die grundlegende Schaltung ist in Abb. 1 dargestellt. *1* ist die photoelektrische Zelle, deren Betriebspannung von der Batterie *2* geliefert wird. Im Stromkreis liegt ein Widerstand *3*; die durch den photoelektrischen Strom hervorgerufene Spannungsdifferenz an den Enden des Widerstandes wird zwischen Gitter und Kathode der Verstärkerröhre *4* gelegt. Der Heizstromkreis dieser Röhre ist nicht gezeichnet. Im Anodenstromkreis liegt außer der Anodenbatterie *5* das Meßinstrument *6*, dessen Ausschläge den auf die Zelle fallenden Lichtströmen entsprechen.

Abb. 1. Grundlegende Schaltung zur objektiven Lichtstrommessung.

2. Einzelheiten über die benutzten Schaltelemente

a) Photozelle. — Wir benutzten bisher ausschließlich gasgefüllte Photozellen der Firma Otto Preßler, Leipzig. Die aktive Schicht bestand aus einer Legierung, die nach Angabe der Lieferantin 99 % Kalium und 1 % Cäsium enthält. Die Anode besteht aus einem weitmaschigen Netz aus feinen Drähten.

b) Widerstand. — Wegen der geringen Stärke der Photoströme (Größenordnung etwa 10^{-7} A) sind zur Erzielung gut meßbarer Spannungsdifferenzen sehr hochohmige Widerstände nötig, die als Drahtwiderstände kaum ausgeführt werden können, da sie zu viel Raum beanspruchen würden. Wir benutzten Graphitwiderstände der Größenordnung $10^7\,\Omega$. Die von verschiedenen Herstellern auf den Markt gebrachten Ausführungsformen haben sich bei uns im wesentlichen gleich gut bewährt. In der letzten Zeit bevorzugten wir die Kohlewiderstände von Siemens & Halske. Es liegen bisher keine Anzeichen dafür vor, daß diese Widerstände für den vorliegenden Zweck nicht genügend konstant sind.

c) Verstärkerröhre. — Als Verstärkerröhre benutzten wir eine Röhre der Type RE 134. Sie wurde mit einer Anodenspannung von 40 ... 50 V betrieben. Diese verhältnismäßig geringe Anodenspannung wurde gewählt, um in der weiter unten noch zu erläuternden Weise Heiz- und Anodenstrom aus derselben Batterie entnehmen zu können und so die Zahl der zu überwachenden Stromquellen aufs äußerste zu reduzieren.

d) Meßinstrument. — Das Meßinstrument ist ein normales 10 Ω-Gerät von Siemens & Halske, das wir mit Stromstärken von maximal 3 mA belasteten.

e) Stromquellen. — Für die Zelle diente eine Batterie aus Kleinakkumulatoren mit einer Gesamtspannung von 130 V als Stromquelle. Bei der geringen Strombelastung waren diese Batterien für längere Zeit hinreichend konstant. Über die Regelung der Zellenspannung wird weiter unten noch gesprochen. Die Stromquelle für die Verstärkerröhren-Spannungen bestand aus einer Akkumulatorenbatterie von 50 V bei einer Kapazität von etwa 6 Ah. Die Verwendung eigener Batterien erwies sich teils wegen der zu verlangenden sehr hohen Konstanz der Spannung, teils wegen der Fernhaltung von hochfrequenten Störungen als erforderlich.

3. Aufbau und Apparatur.

Die vollständige Apparatur besteht aus drei Teilen. Der erste dieser Teile ist durch die Kombination der Zelle, des Widerstandes und der Verstärkerröhre dargestellt, die wegen der notwendigen Isolation für sich in einem besonderen kleinen Kästchen zusammengebaut waren, das an die Kugel gesetzt werden konnte. Dieses Kästchen enthält also die in Abb. 1 durch eine gestrichelte Linie umrahmten Teile. Abb. 2 zeigt die Anordnung dieser Teile.

Abb. 2. Photozellengehäuse.

Man erkennt bei *1* die Photozelle, bei *2* die Verstärkerröhre und bei *3* den Widerstand; *4* ist die abgenommene Schutzhülle. Zur Verbindung mit dem übrigen Teil der Apparatur dient eine vieradrige Litze mit Stecker *5*. Die vier Leitungen sind:

2 Zuführungen zur Heizung der Verstärkerröhre,
1 Zuführung zur Anode der Verstärkerröhre und
1 Zuführung zur Kathode der Photozelle (der zweite Pol der Photozelle ist mit der Kathode der Verstärkerröhre verbunden).

Abb. 3. Anordnung der Regelwiderstände.

Der zweite Teil der Apparatur ist der in Abb. 3 in geöffnetem Zustande dargestellte Holzkasten, der die zur Einstellung und Regelung der verschiedenen Betriebspannungen notwendigen Teile enthält und gleichzeitig den Anschluß des Ableseinstrumentes für die Lichtstärken ermöglicht.

Man erkennt bei *1* und *2* Grob- und Feineinstellung (Stöpsel- bzw. Schiebewiderstand) für die Zellenspan-

nung, bei *3* einen Regelwiderstand, der lediglich den Zweck hat, den Spannungsabfall während der Entladung der Akkumulatorenbatterie für die Röhre auszugleichen. Bei *4* sieht man einen Potentiometerwiderstand, dessen Zweck unten noch erläutert wird. *5* ist ein Schalter, der die gesamte Anlage ein- und auszuschalten gestattet, und *6* ist das Meßgerät, an dem direkt die Lichtstärke abgelesen werden kann.

Der dritte Teil der Apparatur besteht aus den Akkumulatorenbatterien. Sie sind in der Abb. 4, die sämtliche Teile der Apparatur zusammen — das Zellenkästchen an eine ½ m-Kugel angesetzt — noch einmal zeigt, bei *1* und *2* zu erkennen.

Abb. 4. Gesamtbild des objektiven Photometers.

4. Einzelheiten der Schaltung.

Das genaue Schaltbild in allen Einzelheiten ist in Abb. 5 wiedergegeben. Betrachten wir zunächst den Stromkreis der Photozelle, so ist *1* die Akkumulatorenbatterie

Abb. 5. Gesamtschaltung des objektiven Photometers.

für die Zellenspannung. Da eine Regelung der Zellenspannung bei den außerordentlich geringen Zellenströmen von der Größenordnung 10^{-7} A sehr große Widerstände erfordern würde, ist diese Batterie über den Widerstand *2* von 100 000 Ω sowie den Stöpselwiderstand *3* zur Grobregelung und den Schieberwiderstand *4* zur Feinregelung dauernd geschlossen. An den Enden des Widerstandes *2* wird die Spannung für die Photozelle abgegriffen. Die beiden Widerstände *3* und *4* gestatten in Verbindung mit stufenweiser Änderung um 2 V an der Batterie eine Regelung der Zellenspannung zwischen 100 und 130 V, was zur Anpassung an die verschiedenen Zellen und zur Ausführung der Eichung vollkommen ausreicht. *5* ist die Photozelle und *6* der schon mehrfach erwähnte Widerstand von 10 MΩ.

Wenden wir uns nun zu dem Röhrenstromkreis, so bedeutet *7* die 50 V-Batterie, die Heiz- und Anodenstrom für die Verstärkerröhre liefert. Die Batterie ist geschlossen über den Regelwiderstand *8* und den Potentiometerwiderstand *9*. Zwischen den Punkten *10* und *11* liegt der Glühfaden der Verstärkerröhre. Der Abgriff *12* führt der Anode eine Spannung zu, die sich von der Gesamtspannung der Batterie nur wenig unterscheidet. Die Abgriffe *11* und *12* werden der Verstärkerröhre angepaßt und bleiben fest eingestellt; nur bei etwaiger Inbetriebnahme einer neuen Verstärkerröhre müssen sie neu justiert werden. Die Anordnung hat den Vorteil, daß die beiden Betriebsspannungen der Verstärkerröhre durch Nachregeln nur e i n e s Widerstandes konstant gehalten werden können. Dies geschieht im übrigen nicht durch Ablesen eines Spannungsmessers, sondern durch die im Abschnitt „Eichung" beschriebene Kontrolle des Nullpunktes mit Hilfe des Lichtinstrumentes *13*, das im Anodenstromkreis der Verstärkerröhre liegt.

5. Arbeitsweise der Anordnung.

Die Verstärkerröhre gibt bei 0 V Gitterspannung einen Anodenstrom von etwa 3 mA. Die Zelle ist nun so geschaltet, daß der beim Auftreffen eines Lichtstromes einsetzende Photostrom eine negative Spannung am Steuergitter der Röhre erzeugt. Zu diesem Zwecke ist die Anode der Zelle mit dem Steuergitter verbunden, während die Kathode am Minuspol der Batterie liegt. Es wird also im abfallenden Teil der Charakteristik gearbeitet. Es entspricht dem Lichtstrom 0 (Dunkelheit der Zelle) der Maximalausschlag am Instrument *13*; mit zunehmender Beleuchtung wird die Stromstärke geringer, so daß Lichtstromänderung und Zeigerbewegung zunächst gegensinnig sind. Diese Unbequemlichkeit haben wir dadurch beseitigt, daß wir die Federwirkung des Instrumentes *13* umkehrten, so daß es in der Ruhelage auf einen Teilstrich einspielte, der dem Dunkelheits-Anodenstrom entsprach, in unserem Falle also etwa 3 mA, und daß ferner die Ausschlagrichtung bei Stromdurchgang durch das Instrument entgegen dem Normalzustand von rechts nach links erfolgte. Auf diese Weise läßt es sich erreichen, daß das Meßinstrument *13* beim Einschalten der Apparatur und bei Dunkelheit in der Zelle sich auf Null einstellt (vorausgesetzt, daß sämtliche Spannungen richtig eingeregelt sind) und daß nunmehr mit zunehmendem Lichtstrom der Zeiger in üblicher Weise von links nach rechts wachsende Ausschläge ausführt.

6. Eichung.

Nachdem die Einstellung des Potentiometerwiderstandes für die Elektronenröhre erfolgt ist, wird das objektive Photometer in folgender Weise in Betrieb genommen und geeicht: Das die Zelle und Elektronenröhre enthaltende Kästchen wird an die Öffnung der Kugel angebaut. Die an ihrem Ende mit einem vierpoligen Stecker versehene vieradrige Verbindungsleitung wird in die zugehörige Steckbuchse am Widerstandskasten eingesteckt, und die Batterien werden an die entsprechend bezeichneten Klemmen des Widerstandskastens angeschlossen. Nachdem die Zelle ungefähr eine Viertelstunde lang mit einem Lichtstrom, der der Größenordnung nach mit dem zu messenden Lichtstrom übereinstimmt, beleuchtet worden ist, ist die Zelle betriebsbereit. Die eigentliche Eichung kann beginnen. Sie besteht aus der Nullpunktkontrolle und der Einstellung auf den Sollwert einer als Normal benutzten Eichlampe.

Bei der Nullpunktkontrolle muß bei Dunkelheit in der Kugel der Zeiger des Lichtmeßinstrumentes auf 0 einspielen. Etwaige Abweichungen beruhen auf Änderungen der Akkumulatorenspannungen für die Verstärkerröhre und werden durch Regeln am Widerstand *8* (Abb. 5) ausgeglichen. Nunmehr wird eine Eichlampe, deren Lumenwert durch möglichst zahlreiche Messungen weitgehend sichergestellt ist, in die Kugel gebracht und, nachdem sie auf die vorgeschriebene Spannung eingestellt ist, wird die Zellenspannung durch Regeln an den Widerständen *3* und *4* (Abb. 5) bzw. — besonders bei frisch geladener Batterie — durch Stöpseln an der Batterie so lange verändert, bis das Lichtmeßinstrument die vorgeschriebenen Lumen anzeigt. Damit ist das Instrument für einen aus dem folgenden Abschnitt zu entnehmenden Meßbereich geeicht.

7. Meßbereich.

Da ein handelsübliches 10 Ω-Meßgerät mit linearer Skala benutzt wird, die Abhängigkeit des Anodenstromes vom Lichtstrom aber nur in einem verhältnismäßig kleinen Bereich linear ist, kann die Apparatur zunächst nur in einem relativ engen Lichtstrombereich benutzt werden, der durch die von uns eingangs festgelegte Meßgenauigkeit begrenzt ist. Dieser Bereich umfaßt etwa die Lichtströme von 125 ... 310 Lumen. Die Ausdehnung des Meßbereiches nach oben erfolgt durch Vorschaltung von Blenden, die von den höheren Lichtströmen immer nur die den oben genannten Zahlen entsprechenden Anteile auf die photo-

elektrische Zelle fallen lassen. Am Instrument sind dann die abgelesenen Zahlen mit entsprechenden Faktoren zu multiplizieren.

8. Meßergebnisse und Betriebserfahrungen.

Um über die Übereinstimmung zwischen subjektiven und objektiven Messungen ein Bild zu gewinnen, haben wir an rd. 4000 Lampen der 25 W-Type über eine Reihe von Tagen verteilte subjektive und objektive Messungen verglichen, wobei meist nur eine einzige subjektive Ablesung vorgenommen wurde.

In Zahlentafel 1 ist in der ersten Spalte die Differenz zwischen subjektiver und objektiver Messung in Prozent mit dem entsprechenden Vorzeichen aufgeführt. In der zweiten Spalte findet man die Anzahl der Lampen, bei denen sich diese Differenzen gezeigt hatten. Die dritte Spalte endlich zeigt die Prozentzahl, bezogen auf die Gesamtsumme der Lampen.

Zahlentafel 1. Vergleich zwischen subjektiver und objektiver Lichtmessung an 3989 25 W-N-Lampen.

1	2	3
Abweichung zwischen subjektiver und objektiver Messung	Anzahl der Lampen	
%	absolut	% der Gesamtzahl
+ 4,0	1	0,0
+ 3,5	7	0,2
+ 3,0	8	0,2
+ 2,5	20	0,5
+ 2,0	90	2,2
+ 1,5	280	7,0
+ 1,0	618	15,5
+ 0,5	828	20,8
0,0	1015	25,4
− 0,5	612	15,4
− 1,0	303	7,6
− 1,5	118	3,0
− 2,0	56	1,4
− 2,5	15	0,4
− 3,0	13	0,3
− 3,5	3	0,1
− 4,0	2	0,0
Summe:	3989	100,0

Die Zahlentafel 1 läßt erkennen, daß die große Mehrzahl aller gemessenen Lampen (genau 98,3 %) innerhalb der für subjektive Messungen als normal angesehenen Fehlergrenze von ± 2 % liegt.

Abb. 6. Vergleich der Streuung subjektiver und objektiver Messungen.

Wir haben fernerhin 50 Lampen der Type 220/25 W an verschiedenen Tagen objektiv gemessen und im Vergleich dazu von verschiedenen Stellen subjektiv messen lassen. Die für die einzelnen Lampen gefundenen Werte sind in einer die Übersicht möglichst erleichternden Form in Abb. 6 dargestellt. Die Abszissen sind die Nummern der einzelnen Lampen; als Ordinaten sind die von den einzelnen Stellen gemessenen Werte eingezeichnet, und zwar beziehen sich die Kreuze auf subjektive Messungen. Insgesamt liegen 5 verschiedene Subjektivmessungen und 4 verschiedene Objektivmessungen vor. Das Ergebnis dieses Vergleichsversuches ist, wie zu erwarten war, daß die Streuung der Subjektivmessungen wesentlich größer ist als die der Objektivmessungen. Letztere liegen in dem gesamten Lichtstärkenbereich, der von diesen 50 Lampen erfüllt wird, wesentlich dichter beisammen als die ersteren. Die Übereinstimmung der Mittelwerte liegt im großen und ganzen innerhalb der zulässigen Meßfehler.

Ganz allgemein ist bei den Vergleichen zwischen subjektiven und objektiven Messungen folgendes zu beobachten. Die Übereinstimmung ist, wie wir gefunden haben, stets besser, wenn beide Messungen gleichzeitig gemacht werden, als wenn sie nacheinander gemacht werden. Das dürfte wohl damit zusammenhängen, daß N-Lampen (um die es sich bei den vorliegenden Messungen vorzugsweise handelt), bei mehrmaligem Einschalten leicht etwas voneinander abweichende Werte des Lichtstromes zeigen (unsichere Lage der Wendel in den Ösen). Insgesamt sind mit der Apparatur bisher schätzungsweise mehrere hunderttausend Lampen gemessen worden. Bei allen diesen Messungen hat sich die Apparatur durchaus bewährt. Die zahlreich vorgenommenen Stichproben ergaben stets gute Übereinstimmung mit der subjektiven Messung.

Über die Meßgeschwindigkeit ist folgendes zu sagen. Da das zur Lichtstärkenablesung benutzte Meßinstrument eine sehr schnelle Einstellung auf den Endwert zeigt, ist die insgesamt erreichte Geschwindigkeit im wesentlichen durch andere Faktoren bedingt, wobei den Hauptanteil die Zeit für das Aus- und Einschrauben in Anspruch nimmt. Dadurch ist die erreichbare Geschwindigkeit, solange man bei der Schraubfassung bleibt, ziemlich eng begrenzt. Wir haben unter diesen Verhältnissen Meßgeschwindigkeiten bis 350 Lampen in der Stunde erreicht, wobei eine Hilfsarbeiterin neben der Messerin tätig war. Unter Benutzung anderer Fassungen lassen sich wesentlich höhere Geschwindigkeiten erreichen.

Eine Nacheichung des Photometers hat sich vorläufig nach je etwa einer halben Stunde als notwendig erwiesen, hauptsächlich wegen der starken Abhängigkeit des photoelektrischen Stromes von der an die Zelle gelegten Spannung; in dieser Hinsicht macht sich selbst bei Akkumulatoren der langsame Spannungsabfall schon in relativ kurzen Zeiten bemerkbar.

Wir haben eine 50 cm-Kugel mit einem solchen Zellenphotometer ausgerüstet und an einer Lampen herstellenden Maschinengruppe aufgestellt. Es konnte dort ein erheblicher Teil der Gesamtfabrikation photometriert werden. Die Apparatur arbeitete einwandfrei und mit hoher Genauigkeit. Anstände irgendwelcher Art haben sich nicht ergeben.

Es zeigte sich jedoch, daß gerade für die Überwachung der Fabrikation die reine Lichtmessung wenig vorteilhaft ist, da ja im Hinblick auf die Lebensdauer der Lichtausbeute die entscheidende Bedeutung zukommt. Die Lichtausbeute muß jedoch bei dem Arbeiten mit der beschriebenen Apparatur ebenso wie bei der bisherigen subjektiven Meßmethode von der Messerin erst rechnerisch ermittelt werden. Die direkte Ablesung der Lumen an einem Zeigerinstrument gibt jedoch eine Möglichkeit an die Hand, in der nachfolgend beschriebenen Weise unmittelbar die Lichtausbeute als den Quotienten der Lumen und der Watt zu bestimmen.

II. Einrichtung zur selbsttätigen Bestimmung der Lichtausbeute von Glühlampen (Photometrierautomat).

1. Prinzipielle Grundlagen.

Das Prinzip unserer Einrichtung zur unmittelbaren Bestimmung der Lichtausbeute geht aus Abb. 7 hervor. In dieser Abbildung bedeutet *1* das Meßinstrument, das durch seine Ausschläge direkt die Größe des Lichtstromes anzeigt, also das Instrument *13* der Abb. 5. Dieses Instrument trägt einen Spiegel *2*, der auf das drehbare System aufgesetzt ist und demzufolge dessen Bewegungen mitmacht. Auf diesen Spiegel fällt ein Lichtstrahl, der von einer kleinen Projektionseinrichtung *3* erzeugt wird. Als Lichtquelle in diesem Projektor ist eine Autolampe der Type 6 V, 25 W, benutzt, deren Leuchtkörper sich im Brennpunkt einer Linse befindet. Hinter der Linse ist eine kleine Lochblende angebracht. Mittels einer zweiten Linse wird ein Bild dieser beleuchteten Blende in einer später noch zu kennzeichnenden Ebene entworfen. Vom Spiegel *2* fällt der Lichtstrahl in ein Prisma *4*, das so angeordnet ist, daß die Schwingungsebene des Strahles nach dem Austritt aus dem Prisma um 90° gedreht ist. Der

Lichtstrahl, der sich vor dem Eintritt in das Prisma in einer horizontalen Ebene bewegt, schwingt nach dem Austritt aus dem Prisma in einer vertikalen Ebene. Der Lichtstrahl fällt dann auf einen Spiegel *5*, der in gleicher Weise wie der erste auf dem Meßwerk des zweiten Instrumentes *6* befestigt ist. Dieses Instrument ist in den Stromkreis der zu messenden Lampe eingeschaltet und mißt also deren Stromstärke. Nach der Reflexion am Spiegel *5* fällt der Lichtstrahl auf eine Mattscheibe *7*, auf der bei geeigneter Einstellung die oben erwähnte Lochblende scharf abgebildet wird. Die Lage des Lichtfleckes auf der Mattscheibe *7* ist durch die Ausschläge der beiden Meßinstrumente eindeutig bestimmt. Eine Drehung des Spiegels *2* bei feststehendem Spiegel *5* ergibt nach dem oben Gesagten ein senkrechtes Auf- und Niederschwingen des Lichtstrahles auf der Mattscheibe, während Drehung des Spiegels *5* bei feststehendem Spiegel *2* waagerechte Bewegungen auf der Mattscheibe ergibt. Die Punkte gleicher Quotienten von Lichtstrom und Stromstärke ergeben eine in schräger Richtung über die Mattscheibe verlaufende Kurvenschar. Die Einstellung des Lichtfleckes auf eine dieser Kurven ermöglicht also unmittelbar die Ablesung des Quotienten aus Lichtstrom und Stromstärke oder bei konstanter Spannung auch des Quotienten von Lichtstrom und Leistung, also der Lichtausbeute.

Im Prinzip ist die Anwendung des Prismas nicht unbedingt erforderlich, vielmehr könnte man die beiden Instrumente *2* und *5* von vornherein so orientieren, daß die Drehungsachsen der Systeme aufeinander senkrecht stehen; doch bestimmte uns für die in der Abbildung dargestellte Anordnung die Tatsache, daß die Meßinstrumente bei senkrechter Lage der Drehungsachse am sichersten arbeiten.

2. Aufbau der Apparatur.

Wir haben nach dem beschriebenen Prinzip eine Apparatur zusammengebaut[1], die gegenwärtig zur Bestimmung der Lichtausbeute sämtlicher an einer Maschinengruppe fabrizierten Lampen dient. Die äußere Ansicht dieses „Photometrierautomaten", der etwa die Größe und Form eines kleinen Schreibtisches hat, zeigt Abb. 8. In dem linken Schrankteil *1* sind die in Abb. 7 dargestellten Teile enthalten. In dem links unten sichtbaren Schubkasten *2* sowie in dem Mittelteil *3* sind die zum Betriebe der Photozelle und der Verstärkerröhre notwendigen Batterien untergebracht. Der rechte Schrankteil *4* dient im wesentlichen zur Aufbewahrung der für die verschiedenen Typen vorgesehenen Skalenscheiben, die in einen Ausschnitt der Tischplatte eingelegt werden und auf denen die Ablesung der Lichtausbeute erfolgt. Ein Bild dieser Tischplatte von oben gesehen zeigt Abb. 9. Eine der oben erwähnten Skalenscheiben ist bei *1* zu erkennen, *2* ist ein Spannungsmesser, der die Klemmenspannung der zu messenden Lampen angibt. *3* ist das Meßinstrument, das den Lichtstrom der zu messenden Lampen abzulesen gestattet und mit dem im Schrank befindlichen entsprechenden Instrument in Serie geschaltet ist. Es wird bei der Ablesung der Lichtausbeute nicht benutzt, ist aber erforderlich, um die früher bereits beschriebene Eichoperation vornehmen zu können. Die Schalthebel *4* und *5* sowie die Schieber *6* und *7* zweier zusammengehöriger Widerstände dienen dazu, um bei den einzelnen Typen stets die Ausschläge des Strom- bzw. Lichtmessers in den Bereich der Skala zu bringen. Die weiterhin sichtbaren Schieber *8* und *9* sowie der Stöpselwiderstand *10* entsprechen den früher beschriebenen Vorrichtungen, die zur Einregelung und Konstanthaltung der Lichtmeßkreise nötig sind. Die Tafel *11* enthält sechs Druckknopfschalter, die zur Ein- und Ausschaltung der verschiedenen Stromkreise (X-Lampe, Lichtzeiger, Instrumentbeleuchtung usw.) dienen.

Abb. 7. Prinzipielle Anordnung zur Lichtausbeute-Messung.

Abb. 8. Lichtausbeute-Meßtisch.

Abb. 9. Deckplatte des Meßtisches.

Abb. 10. Lichtzeigeranordnung.

Abb. 10 zeigt einen Einblick in den linken Schrank des Meßtisches. Man erkennt bei *1* den Projektor, der den Lichtstrahl erzeugt, *2* und *3* sind die beiden Meßinstrumente (von uns entsprechend umgebaute Spezialinstrumente). Das Prisma ist in dem die beiden Meßinstrumente schützenden Kasten enthalten und hier nicht sichtbar. Der Spiegel *4* reflektiert den Lichtstrahl senkrecht nach oben auf die in die Tischplatte eingelegte Skala *5*. Abb. 11 zeigt eine solche Skala genauer. Man erkennt das Sechseck, das in bekannter Weise die Grenzen für Lichtstrom, Stromstärke und HLm/W angibt und in das der Lichtzeiger

Abb. 11. Skala.

[1] Die Bearbeitung des meßinstrumententechnischen Teiles dieser Apparatur lag in den Händen des Herrn Kühn.

fallen muß, wenn die Lampe innerhalb der vorgeschriebenen Toleranzen liegt. Links oben und rechts unten liegen zwei in der Abbildung hellgraue, in Wirklichkeit rote Felder. Fällt der Lichtzeiger in eins dieser Felder, so ist die Lampe für die nächst höhere bzw. tiefere, durch helle Beschriftung gekennzeichnete Fünferspannung zu verwenden. Fällt der Lichtzeiger aber in den restlichen, durch schwarze Schraffierung hervorgehobenen Teil der Platte, so ist die Lampe zu verwerfen. Der rechts oben sichtbare Zahlenvermerk gibt die Lampentype und die zugehörige Einstellung der Schalter *4* und *5* (Abb. 9) an. Auf der Skala sind schwarz die eingezeichneten HLm/W-Linien zu sehen. Zur Eichung sind die Linien konstanter Stromstärke rot — in der Abbildung hellgrau — eingetragen.

Photozelle und Verstärkerröhre sind auch bei dieser Apparatur in einem besonderen Metallkästchen untergebracht und an die Photometerkugel angebaut. Die Verbindung mit dem Meßtisch erfolgt durch eine mehrdrähtige Litze.

3. Betriebserfahrungen.

Wir haben die beschriebene Einrichtung in Verbindung mit einer 50 cm-Kugel in einer Lampen herstellenden Maschinengruppe aufgestellt und mit ihr über viele Monate hinweg die gesamte Fabrikation photometriert. Wir haben zunächst zwei Arbeiterinnen herangezogen, deren eine die ihr von der Sockelmaschine zulaufenden Lampen in die Kugel einsetzt, während die andere die auf dem Meßtisch abgelesenen Werte zu statistischen Zwecken in eine Liste einträgt. Um eine hohe Geschwindigkeit zu ermöglichen, haben wir in die Photometerkugel eine Spezialfassung eingebaut.

Um uns ein Bild über die erreichbaren Photometrierleistungen zu schaffen, haben wir — allerdings nur über kürzere Zeiten hinweg, unter Verwendung nur eines Mädchens — einen größeren Lampenposten ausmessen lassen. Dabei konnten wir feststellen, daß die Apparatur gestattet, mit nur einer Arbeiterin 1200 ... 1500 Lampen in der Stunde auf Lichtausbeute auszumessen.

III. Selbsttätige Sortiermaschine.

Wir haben die Apparatur dann weiter zu einer vollselbsttätigen Sortiermaschine ausgebaut. Zur Durchführung dieser Arbeiten waren folgende Einzelaufgaben zu lösen:

A) Es mußte eine selbsttätige Lampenzufuhr konstruiert werden.

B) Es mußten Schalt-, Prüf- und Steuerelemente vorgesehen werden

a) zur Vorprüfung auf Wendelunterbrechung oder Kurzschluß,

b) zur Prüfung auf Einhalten der photometrischen Toleranzen,

c) zur Sortierung der Lampen.

Es würde vielleicht zu weit führen, auf alle diese Organe in den Einzelheiten einzugehen. Wir geben daher im folgenden nur in großen Zügen ein Bild von dem Aufbau und der Arbeitsweise dieser Apparatur.

A. Selbsttätige Einbringung der Lampe in die Kugel.

Die mittels einer baggerähnlichen Einrichtung von der Sockelmaschine her ankommenden Lampen gelangen zunächst in die erste Stellung einer vierarmigen Transporteinrichtung. Dieses Transportkreuz ist unmittelbar an die Photometerkugel angebaut und rotiert um eine horizontale Achse. Es trägt vier der obenerwähnten Spezialfassungen, die beim Umlauf des Kreuzes entsprechend gesteuert werden. Durch einen Trichter wird die ankommende Lampe so geleitet, daß sie richtig in die geöffnete Fassung gleitet. Durch ein Malteserkreuz wird das Transportrad nunmehr um 90° gedreht, wobei die Fassung sich schließt. In dieser Stellung erfolgt die später zu besprechende Vorprüfung auf Kurzschluß bzw. Wendelbruch.

Die Prüfung auf Kurzschluß (etwa der Sockelleitungen) ist vom Standpunkt der Fabrikation aus unwichtig, da derartige Fälle überaus selten vorkommen. Für die Apparatur dagegen ist die Prüfung erforderlich, da die eingeschalteten empfindlichen Meßinstrumente beschädigt oder zerstört werden würden, wenn nur eine einzige Lampe mit Kurzschluß in die Kugel gelangte. Auch die mühsame und zeitraubende Eicharbeit wäre damit verloren. Mit der Prüfung auf Kurzschluß läßt sich die Prüfung auf Wendelunterbrechung sehr einfach verbinden.

Durch die nächste Vierteldrehung des Transportkreuzes gelangt die Lampe in die Kugel zur Bestimmung der Lichtausbeute bzw. zur Prüfung auf Einhalten der photometrischen Toleranzen. Die Kugel muß zu diesem Zweck zwei Öffnungen tragen, die so groß sind, daß die Lampen bequem hindurchgehen, sowie einen diese beiden Öffnungen verbindenden, längs eines Meridians verlaufenden Spalt, der den Durchtritt der die Lampe tragenden Arme gestattet. Der Abschluß der Öffnungen in der Kugel erfolgt durch besonders geformte Körper, deren beiderseitige Begrenzungsflächen mit Photometerweiß gestrichen sind. Bei der Weiterdrehung des Transportkreuzes öffnet sich bereits beim Austritt aus der Kugel die Fassung und läßt die Lampe in die Ablaufrinne gleiten.

B) Schalt- und Registrierelemente.

Abb. 12 gibt in schematischer Darstellung einen Überblick über den die Schalt- und Registrierelemente umfassenden Teil der Apparatur. Der Aufbau ist in Wirklichkeit wesentlich komplizierter, insbesondere sind die zahlreichen und entsprechend unterteilten Schleifringe, die auf der Achse des Transportkreuzes angebracht sind, sowie die einzelnen Relaisstromkreise nicht gezeichnet, um die Übersichtlichkeit nicht zu beeinträchtigen.

Abb. 12. Grundsätzlicher Aufbau der Sortiermaschine.

Vorprüfung auf Wendelunterbrechung oder Kurzschluß. — Die Vorprüfung auf Kurzschluß oder Unterbrechung erfolgt, wie vorhin schon angedeutet, in Stellung *II* (der obersten Stellung) des Transportkreuzes. Durch eine Relaisanordnung, die in Abb. 12 als Vorprüfapparat *1* dargestellt ist, werden die Lampen festgestellt, deren Stromstärke bestimmte Grenzen über- bzw. unterschreitet. Mittels einer durch einen Magneten *2* gesteuerten Klappe *3* in der Ablaufrinne *4* werden solche Lampen später in einen besonderen Behälter geleitet. Der Apparat muß dazu selbstverständlich gewisse Einrichtungen haben, durch die das Ergebnis der Vorprüfung in mechanischer Form so lange festgehalten wird, bis die Lampe die Apparatur verläßt. Durch dieses „Gedächtnis" der Maschine wird auch erreicht, daß in Stellung *III*, in der die eigentliche Lichtausbeute-Messung stattfindet, die Stromkreise bei einer Kurzschlußlampe mittels der Leitungen *5* unterbrochen werden, um die Instrumente nicht zu zerstören.

Prüfung auf Einhalten der photometrischen Toleranzen. — In Stellung *III* befindet sich die Lampe in der Ulbrichtschen Kugel. Hier erfolgt mit Hilfe der im zweiten Teil beschriebenen Apparatur die Lichtausbeute-Bestimmung. Zur Sortierung der Lampen bedarf man einer Zusatzeinrichtung, die im wesentlichen aus einem Diaphragma und einer weiteren Photozelle besteht. Das Diaphragma hat als Ausschnitt ein dem jeweils maßgebenden Toleranzsechseck (vgl. Abb. 11) entsprechendes Sechseck. Die dahinter angeordnete Photozelle wird also nur dann von Licht getroffen, wenn der Lichtzeiger innerhalb der vorgeschriebenen Grenzen liegt. Der weitere Gang der Dinge versteht sich von selbst. Ein von der Photozelle gesteuertes Relais betätigt ein zweite Klappe *9* (Abb. 12) und bewirkt so die Weiterleitung der Lampe entsprechend dem Prüfergebnis.

Betriebserfahrungen. — Die Sortiermaschine ist seit einigen Monaten in den Arbeitsgang einer Lampen herstellenden Maschinengruppe eingeschaltet. Was die Meßgenauigkeit anbetrifft, so gilt praktisch das gleiche wie für den Photometrierautomaten, da keine Momente hinzugekommen sind, die die Meßgenauigkeit verringern könnten.

Internationale Beziehungen belgischer Elektro-Holdinggesellschaften.

Von Dr. **Bruno Kiesewetter**, Berlin.

Übersicht. **Die Kapitalbildung in der belgischen Wirtschaft, die schon vor dem Kriege bedeutend war, ist durch den Krieg kaum geschwächt worden. Neben den durch die Kriegsfolgen erforderlichen Kapitalinvestierungen zum Aufbau und zur Modernisierung des belgischen Wirtschaftsapparates ist nach dem Krieg ein bedeutender Kapitalexport entwickelt worden, der über besondere Holdinggesellschaften internationalen Charakters sich vorwiegend auf das Gebiet der Elektrizitätserzeugung erstreckt hat. Der Aufsatz untersucht im einzelnen, inwieweit dem Plan einer überstaatlichen Vereinheitlichung der europäischen Elektrizitätswirtschaft durch Bildung umfassender privatwirtschaftlicher Beteiligungskomplexe von den großen belgischen Elektro-Holdinggesellschaften bereits vorgearbeitet worden ist.**

Belgien ist infolge seines Reichtums an Bodenschätzen, der Gunst seiner verkehrspolitischen Lage, seiner arbeitsamen und sparsamen Bevölkerung schon vor dem Kriege eins der reichsten Länder gewesen. Es wurde 1913 nur von den V. S. Amerika und England übertroffen und stand hinter Frankreich und Deutschland zum mindesten nicht zurück. Das belgische Volksvermögen wird von Prof. Buidhuin für das Jahr 1895 auf 29 830 Mill Fr, für 1913 auf 50 495 Mill Fr geschätzt, d. h. je Einwohner auf 4560 bzw. 6700 Goldfr. Das Volkseinkommen (ebenfalls nach Prof. Buidhuin) betrug 1895: 3280 Mill Fr, 1913: 6488 Mill Fr oder je Einwohner 512 bzw. 850 Goldfr. Für die Zeit kurz nach der Stabilisierung (1927) wird das Volkseinkommen auf 48,5 Mrd Papierfr, für 1930 sogar auf 66,5 Mrd Papierfr oder rd. 9,6 Mrd Goldfr geschätzt. Auf den Kopf der Bevölkerung entfielen demnach 1190 Goldfr. In der 18jährigen Entwicklungsperiode vor dem Kriege (1895 ... 1913) stieg das Volkseinkommen je Einwohner um 66 %. Es ist charakteristisch für die Kapitalbildung in der belgischen Wirtschaft, daß in der gleich langen Entwicklungsepoche seit Kriegsbeginn (1913 ... 1930) trotz Kriegsschäden und Aufbauarbeiten, Schuldenlast, Krisen und Inflation das Tempo der Einkommenssteigerung sich zwar etwas verlangsamte, diese sich aber immer noch um 40 % über den Stand von 1913 erheben konnte. Selbst unter Berücksichtigung der Entwertung des Goldes und der vielleicht noch nicht völlig durchgeführten Anpassung der Wirtschaftsverhältnisse an die neue Währungsgrundlage ist diese Entwicklung außerordentlich bemerkenswert. Die niedrigen Lebenshaltungskosten und die Sparsamkeit der Bevölkerung begünstigen natürlich die Bildung von Neukapital. Die Belgische Nationalbank schätzt für das als besonders günstig anzusehende Jahr 1929 nach Abzug aller doppelten Verrechnungen die Reinersparnisse der belgischen Volkswirtschaft auf 20 Mrd Fr und nimmt für ein Normaljahr eine Summe von 16 ... 17 Mrd Papierfr an. Das entspricht etwa 2,4 Mrd Goldfr gegenüber 1,15 Mrd Goldfr im Jahre 1913 und bedeutet eine Verdoppelung seit Kriegsbeginn.

Wenn diesen Zahlen auch kein absoluter, sondern nur ein Annäherungswert beizumessen ist, so geben sie doch ein Bild von der Bedeutung Belgiens als Kapitalexportland und Finanzierungszentrum für bestimmte Industriezweige. Die Reservoire, in denen sich das Überschußkapital sammelt, sind:

1. die Banken, speziell einige wenige Großbanken, die eine große Konzentration des Bankwesens durchgeführt und das Land mit einem engmaschigen eigenen Filialnetz überzogen haben, um die zerstreuten Kapitalien schärfer erfassen und durch regionalen Ausgleich der Gelder zweckmäßiger verwalten zu können;

2. die Industrie, die durch große Reservenhaltung und weitgehende Selbstfinanzierung Kapitalakkumulation betreibt und so für Anlagezwecke, die teilweise durch eigens dafür gegründete Holdinggesellschaften (z. B. Mutuelle Solvay) erfüllt werden, stets Gelder zur Verfügung hat;

3. die genossenschaftliche Organisationen der Landwirtschaft, die besonders in dem weniger industriell durchsetzten Flandern eine Rolle spielen und ihre Spitze im Boerenbond haben, der sich in den letzten Jahren in besonderem Maße industriell betätigt hat. Er kontrolliert die 1928 aus der Fusion zweier Institute hervorgegangene Allgemeene Bankvereeniging en Volksbank van Leuwen (Kapital 200 Mill Fr), welche Ende vorigen Jahres die Bank voor Oost-Vlaandern (Kapital 50 Mill Fr) in Gent und Renaix und das Allgemeene Beleggingskantoor in Antwerpen (Kapital 40 Mill Fr) aufnahm.

Das während der Frankentwertung steuerflüchtige französische Kapital, das besonders über die bedeutende belgische Zweigstelle der Banque de Paris et des Pays-Bas der belgischen Wirtschaft zugeführt wurde, ist nach der Frankstabilisierung teilweise repatriiert worden. Die dadurch entstandene Lücke in der Kapitalversorgung wurde durch die Rückkehr des geflohenen belgischen Kapitals nach dem Jahre 1926 z. T. ausgeglichen. Dieser allmähliche Ausgleich darf aber nicht darüber hinwegtäuschen, daß diese mit den Inflationserscheinungen der Nachkriegszeit zusammenhängende Kapitalverschiebung als Promotor der internationalen belgischen Finanzierungsbewegung in den Jahren nach 1926 eine erhebliche Rolle gespielt hat. Das Finanzkapital, das in Belgien immer einen stark spekulativen Einschlag zeigte, fand in dem Zustand der Nachkriegswirtschaft reichlich Gelegenheiten, sich zu betätigen. Der Wiederaufbau der zerstörten Anlagen, die Rationalisierung und Modernisierung der Betriebe, der Zwang zur Konzentration der Unternehmungen angesichts der ständig zunehmenden Industrialisierung der Abnehmerländer und Verschärfung der internationalen Konkurrenz gaben die beste Grundlage für die Entstehung großer Wirtschaftseinheiten und besonders der Holdinggesellschaften, denen im Gegensatz zur rein technischen Rationalisierung des Einzel**betriebes** und der Einzelunternehmung die Rationalisierung ganzer **Branchen** und Gewerbezweige oblag. Die führenden Geldmächte des Landes, die als ihre Hauptaufgabe die Beseitigung der kapitalzerstörenden Konkurrenz der reinen Produktionsunternehmen ansahen, schritten im Laufe der Jahre zu Umgruppierungen, Stilllegungen, Fusionen und zur Schaffung großer Gemeinschaftsgruppen in der Produktionsphäre, um die wirtschaftliche Potenz sich zur höchsten Rentabilität entfalten zu lassen. Unter der Devise „guerre aux gaspillayes" hat diese Bewegung einen großen Umfang angenommen und vor den Landesgrenzen nicht Halt gemacht, denn das ihr innewohnende Gesetz der Erzielung höchster Wirtschaftlichkeit ist international. Zuerst zwar lag der Schwerpunkt der Reorganisation im Inland. Neben der Kohlen-, Eisen-, Glas- und chemischen Industrie als den Hauptindustrien hat man in erster Linie der **Elektrizitätserzeugung** und **-verteilung** besondere Aufmerksamkeit gewidmet, denn nach dem Bericht der Cie. Belge pour l'Industrie hängt vom Preis der Kilowattstunde die Konkurrenzfähigkeit der belgischen Industrie auf dem Weltmarkt ab. Die starke Dezentralisierung der vorwiegend mit industriellen Einzelanlagen und Privatunternehmungen arbeitenden Elektrizitätswirtschaft bot ein weites Feld industrieller und finanzieller Organisationstätigkeit, die schließlich mit der Schaffung der Electrobel (Cie. Générale d'Entreprises Électriques et Industrielles) als größter innerbelgischer Elektro-Holdinggesellschaft einen gewissen Abschluß fand. In der internationalen Elektrofinanzierung hat sich Belgien besonders nach dem Kriege lebhaft betätigt, schien aber hier durch den Gegensatz **Heinemann—Löwenstein** Gefahr zu laufen, den für das Land charakteristischen Dualismus im Bankwesen auch auf die Organisation der Elektrowirtschaft zu übertragen. Erst die Liquidierung der Löwensteinschen Pläne scheint die Einheitlichkeit in der internationalen Elektropolitik der drei ausschlaggebenden belgischen Finanzinstitute, der Soc. Générale de Belgique, Banque de Bruxelles und der Sofina wieder hergestellt zu haben.

Die **Sofina** (Société Financière de Transports et d'Entreprises Industrielles) ist ursprünglich eine deutsche Gründung der Gruppe Gesfürel-Loewe und kam 1903 nach dem Übergang der Gesfürel an die AEG unter den Einfluß dieses deutschen Elektrokonzerns, der vor dem Kriege ein umfangreiches Netz internationaler Beteiligungs- und Finanzierungsunternehmen besaß. Die Sofina mit einem Anfangskapital von 15 Mill belg. Fr, das im April 1914 auf 25 Mill belg. Fr erhöht wurde, stand an Bedeutung weit hinter der Gesfürel zurück, die 1913 bei einem Aktienkapital von 60 Mill M ein Beteiligungskonto von 111 Mill M auswies. Der durch den Krieg verursachte Verlust der deutschen Auslandsunternehmungen löste alle Bindungen der belgischen Gesellschaft zur deutschen Elektroindustrie und machte die Sofina zu einem selbständigen „nationalen" belgischen Unternehmen. Sie arbeitete im ersten Nachkriegsjahrzehnt besonders eng mit der Banque de Bruxelles zusammen, die in schärfster Konkurrenz gegen die älteste und konservative belgische Bank, die Soc. Générale de Belgique, ihren Geschäftskreis gewaltig ausdehnte und

in Gemeinschaft mit dem Boerenbond zahlreiche internationale Finanzgründungen tätigte, die sie in den Jahren rückgängiger Konjunktur stark belasteten. Nach den Kämpfen der beiden Banken um die Arbed wurden die Gegensätze noch einmal besonders lebhaft während der ehrgeizigen Trustpläne des Finanziers A. Löwenstein, der mit Hilfe seiner kanadischen Holdinggesellschaft die Konkurrenz gegen die Sofina besonders in Südamerika organisieren wollte. Nach seinem Tode wurden seine Interessen von der Soc. Générale de Belgique und dem Londoner Bankhaus Schröder liquidiert. Im Zusammenhang damit fand auf Anregung der von der Regierung bereits 1927 eingesetzten Commission des Grands Travaux eine Neuorientierung der belgischen Elektrointeressen statt mit dem Ziele einer rationelleren Organisation der Produktion und des Energietransportes. Die Banque de Bruxelles mußte zu ihrer Entlastung ihr Paket Sofina-Aktien abstoßen, und die Sofina näherte sich mehr der Soc. Générale de Belgique. Das äußere Zeichen dieses Interessenausgleichs ist die Gründung der Electrobel, deren Hauptaufgabe die von Heinemann seit langem erstrebte Vereinheitlichung der belgischen Elektrizitätswirtschaft wurde. In ihrem Verwaltungsrat ist auch die Empain-Gruppe vertreten. Sie stellt die Fusion folgender drei Unternehmen dar:

Soc. Générale Belge d'Entreprises Electriques,
Soc. Générale de Chemins de Fer Economiques,
Cie. Générale pour l'Eclairage et le Chauffage par le Gaz.

Die belgischen Interessen der dritten Gesellschaft wurden in die neugegründete Cie. du Gaz de la Région de Charleroi, die französischen in die Cie. Générale pour l'Eclairage et le Chauffage par le Gaz et l'Electricité (Gazelno) eingebracht. Das Beteiligungskonto der Electrobel umfaßt über 90 Unternehmen mit zahlreichen Unterbeteiligungen. Im Laufe der letzten drei Jahre sind verschiedene andere Elektro-Holdinggesellschaften kleineren Umfanges mit regional begrenzten Aufgaben gegründet worden. Genannt seien hier nur Electrotrust, Union Financière d'Electricité et de Transport, Soc. de Traction et d'Electricité, Les Exploitations Electriques, Europel, Cibe. Ihr Arbeitsgebiet erstreckt sich meist auf Länder, deren Elektrowirtschaft im Ausbau begriffen und deshalb kapitalbedürftig ist, wie z. B. Italien, oder auf noch unerschlossene Gebiete des europäischen Ostens und Südostens und außereuropäische Erdteile. Der dritte große belgische Elektrokonzern ist die Gruppe Empain mit ihrer rein belgischen Holdinggesellschaft Electrorail (Cies Réunies d'Electricité et de Transport, Kapital 372,6 Mill Fr), die aus der Fusion folgender drei Unterholdings entstanden ist:

Cie. Générale des Railways et d'Electricité,
Cie. Belge des Chemins de Fer Réunis,
Fédération d'Entreprises de Transport et d'Electricité.

Ihr spezielles Tätigkeitsgebiet sind die Verkehrsunternehmen. Sie arbeitet eng mit Schneider & Cie., Paris, zusammen, mit der sie eine gemeinsame Holdinggesellschaft, die Soc. Parisienne pour l'Industrie des Chemins de Fer et des Tramways Electriques, verbindet. Ihr internationaler Aktionsradius ist nicht groß, sie bleibt hauptsächlich auf Belgien und das anschließende Frankreich beschränkt.

Die Internationalisierung der belgischen Elektro-Holdinggesellschaften hat einen großen Umfang erreicht. Wie Abb. 1 zeigt, hat besonders die Sofina es verstanden, neben europäischen Holdinggesellschaften und Finanzinstituten auch die großen amerikanischen Elektrokonzerne in ihren Interessenkreis zu ziehen. Über die Sofina wird also auch amerikanisches Kapital für die besonderen Aufgaben der europäischen Elektrizitätsindustrie nutzbar gemacht. Es ist wohl z. T. in dieser Schlüsselstellung der Sofina begründet, wenn die von der Gruppe des Grafen V o l p i ausgehende italienische Finanzierungsbewegung, die in der Italian Superpower Corp. und der European Electric Corp. selbständige Berührungspunkte mit der amerikanischen Elektrofinanz besitzt, mit in das Netz der zahlreichen Sofina-Beteiligungen eingeflochten wurde. Neben amerikanischem ist in hervorragendem Maße schweizerisches Kapital über die ehemalige AEG-Gründung, die Bank für elektrische Unternehmungen, Zürich, in der Sofina und den übrigen belgischen Elektroholdings vertreten. Die Beteiligung von 61 Gründern aus 12 verschiedenen Ländern, unter denen sich 42 Großbanken und Bankhäuser befinden, bei der Umgründung der Sofina beweist die Bedeutung und den internationalen Charakter dieser Finanzierungsgesellschaft, die sich ihre besonderen internationalen Ziele gesetzt hat. Dannie H e i n e m a n n, der leitende Kopf der Sofina, hat immer die Schaffung eines einheitlichen europäischen Stromsystems als die Aufgabe seines Konzerns bezeichnet, wobei ihm als Vorbild die Entwicklung und die Vorteile der zu großen Konzernen zusammengeschlossenen amerikanischen Elektrizitätswirtschaft vorschweben. Dieser Gedanke hat auf der zweiten Weltkraftkonferenz in Berlin in dem Vortrag des Direktors der Gesfürel—Ludw. Loewe AG., Dr. O. O l i v e n, beredten Ausdruck gefunden. Auch der von Belgien beim Völkerbund gestellte Antrag auf Schaffung einer einheitlichen europäischen Elektrizitätsversorgung ist ein Beweis für die Zähigkeit, mit der dieser Plan verfolgt wird. Die großen Transaktionen der letzten Jahre und die erwähnte Gründung zahlreicher Holdinggesellschaften mit territorialen Aufgaben, die Belgien als Elektrofinanzier wieder stark in den Vordergrund treten ließen, haben ein weitverzweigtes und kompliziertes Beteiligungssystem geschaffen, das belgischen Einfluß in fast alle europäischen Länder getragen hat. Das Hervortreten von Finanzinstituten, die Verstärkung der finanziellen Bindungen und damit zusammenhängend das Streben nach Erhaltung einer ausreichenden Kapitalrente tragen notwendig die Tendenz zur Verständigung und zur Beseitigung der gegenseitigen Konkurrenz in sich, zu der selbständige Produktionsbetriebe leichter geneigt zu sein pflegen als Finanziers. Die Betrachtung der internationalen Beziehungen der belgischen Elektro-Holdinggesellshaften gibt deshalb einen interessanten Aufschluß darüber, wieweit durch finanzielle Verknüpfung und Gruppenbildung dem angestrebten Ziel bereits vorgearbeitet, die Investierungspolitik in Europa also nur die Vorstufe für eine Vereinheitlichung der Elektrizitätswirtschaft ist.

F r a n k r e i c h hat immer einen bedeutenden Anteil am Portefeuille der belgischen Holdinggesellschaften gehabt. Über die Soc. Générale d'Entreprises ist die Sofina mit der Loucheur-Gruppe verbunden. Ihre Beteiligung an der Soc. Financière Electrique, der Finanzierungsgesellschaft des Konzerns der Thomson-Houston, bringt sie in enge Beziehungen zu den bedeutendsten Unternehmen der französischen Elektrotechnik, die durch die Soc. de l'Exploitation des procédés Thomson-Houston und die Alsthom dargestellt werden. Ihre größte Holdinggesellschaft in Frankreich ist die Soc. Centrale pour l'Industrie Electrique in Paris (Kapital 100 Mill Fr), die neben ihren Beziehungen zu einzelnen Gesellschaften des Konzerns der Thomson-Houston eine besonders wichtige Beteiligung an der Union d'Electricité besitzt, der großen Elektrizitätserzeugungs-Gesellschaft von Paris und Umgebung, die im Jahre 1929 mit 1,005 Mrd kWh rd. 7,5 % der französischen Stromerzeugung lieferte. Sie hat sich im letzten Jahre für die Entwicklung von Elektrizitätsunternehmungen in Südfrankreich interessiert. Der Erwerb von Aktien der Soc. Energie Electrique de la Haute Garonne und der Energie Electrique de Rouergue, an der auch die Electrobel beteiligt ist, ermöglichte ihr die Beteiligung an der Energie Electrique de Lot-et-Garonne und der Energie Electrique du Languedoc. Diese beiden Gesellschaften planen die Errichtung von Wasserkraftanlagen an den Flüssen Garonne und Lot. An der Maronne, einem Nebenfluß der Dordogne, wird ebenfalls die Errichtung eines Wasserkraftwerkes beabsichtigt, das eine Jahresleistung von 250 Mill kWh besitzen soll. Der Bau dieser Anlage wird von der Soc. des Forces Motrices de la Maronne ausgeführt, die von der Soc. Centrale pour l'Industrie Electrique gemeinsam mit der Forces Motrices de la Vienne und der Union Electrique des Pyrenées Occidentales gegründet wurde. Die Cie. d'Energie Electrique du Nord de la France versorgt als wichtiges Glied innerhalb der französischen Stromwirtschaft die Industriegegend von Roubaix, Tourcoing, Lille und ist wegen ihrer engen Nachbarschaft zu den belgischen Kraftbezirken für die Sofina bedeutungsvoll. Die Soc. des Forces Motrices de la Truyère ist noch im Ausbau begriffen. Die Cie. Centrale d'Energie Electrique, Paris (Kapital 82,5 Mill Fr; 1929: 123,3 Mill kWh) besitzt zusammen mit der Sofina wertvolle Beteiligungen an Elektrizitätsunternehmungen in der französischen Kolonie Algier. Zu nennen ist hier die Soc. Algérienne d'Eclairage et de Forces, Algier (Kapital 55 Mill Fr), die von ihrer vergrößerten Dampfzentrale in Mers el Kébir Oran mit Strom versorgt und 1929 eine Produktion von 61,1 Mill kWh hatte. Eine zweite Dampfzentrale wird Anfang 1931 in Betrieb genommen. Die Gesellschaft dürfte damit den steigenden Strombedarf Algiers befriedigen können. Die Soc. des Forces Motrices d'Algérie ist eine im November 1928 gegründete Studiengesellschaft für den Bau von Wasserkraftwerken in den Bezirken Algier und Oran, in denen sie Konzessionen besitzt. An der Cie. des Tramways Electriques d'Oran ist die Electrobel über die Soc. Les Exploitations Electriques, Paris, beteiligt. Über die französischen Beteiligungen der Sofina führen weitere Verbindungen zur schweizerischen Elektrofinanz, die durch die Bank für elektrische Unternehmungen, die Schweizerische Gesellschaft für elektrische Industrie und die Schweizerische Elektrizitäts- und Verkehrsgesellschaft, Basel, (frühere Eisenbahnbank) repräsentiert wird.

In Italien war belgischer Einfluß durch die Sofina-Beteiligungen an der Soc. Generale dell' Adamello, an der auch die Electrobel Interesse genommen hat, und der zur Gruppe der Adriatica gehörigen Soc. Bolognese di Elettricità seit langem vorhanden, die gegenseitigen Beziehungen sind sogar durch die Zuwahl des Grafen Volpi, des Leiters der Adriatica, in den Verwaltungsrat der Sofina noch enger geworden. An der speziell für italienische Investi-

Abb. 1. Internationale Elektrobeteiligungen belgischer Elektro-Holdinggesellschaften.

tionszwecke gegründeten Europel (Comp. Européenne pour Entreprises d'Electricité et d'Utilité Publique) sind neben der Sofina auch die Banque de Bruxelles und die Finabel (Financière et Industrielle de Belgique) beteiligt, die zu ihren Gründern die Banque de Bruxelles, Soc. Générale de Belgique, Banque de Paris et des Pays-Bas und die Mutuelle Solvay zählt. Die Europel steht über die kanadische Holdinggesellschaft des Volpi-Konzerns, die European Electric Corp. (Kapital 42 Mill kanad. $) auch mit den Tochtergesellschaften der amerikanischen General Electric und den hinter ihr stehenden Banken in Verbindung. Die andere belgische Holdinggründung der Adriatica-Gruppe, die Cibe (Comp. Italo-Belge pour Entreprises d'Electricité et d'Utilité Publique) stützt sich wieder vorwiegend auf die European Electric und die Europel. Europel und Cibe sind im griechischen Geschäft an der Société Hellénique d'Electricité „Galileo" und im *spanischen* an der Iberian Electric Co., Ltd., Montreal, beteiligt, an der übrigens auch die General Electric durch ihre Untergesellschaft, die United Electric Securities Co., Interesse genommen hat. Die spanischen Gesellschaften aus dem Interessenkreis der Iberian Electric, die Saltos del Duero, welche die Dueromwasserfälle auswertet, die Saltos del Alberche, die 70 km von Madrid entfernt zwei Wasserkraftwerke betreibt, und die Union Electrica Madrileña, die größte Madrider Stromverteilungsgesellschaft, haben mit der Española ein Abkommen über zusätzliche Stromversorgung Madrids geschlossen. Über eine Tochtergesellschaft der Cibe, die Sevillana, sind auch Berührungspunkte zwischen der Europel und der Bank für elektrische Unternehmungen gegeben. Die Comp. Sevillana de Electricidad, Sevilla, (1930: 140 Mill kWh) betreibt hauptsächlich Wasserkraftwerke, ist an der Tranvias de Sevilla erheblich beteiligt und erwarb die Majorität der Hidroelectrica de Badajoz, welche die Stadt Badajoz (40 000 Einwohner) versorgt und im Dezember 1929 ihr Kapital von 50 auf 75 Mill Pes erhöhte. Dazu gliederte die Sevillana sich das Elektrizitätswerk in Merida an und breitete ihren Einfluß auf den Huelva-Distrikt aus. Die Electrobel hat ihre Beteiligungen an spanischen Elektrizitätsunternehmen in der Hispanobel (Cie. Hispano-Belge d'Entreprises Electriques et Industrielles) zusammengefaßt, an der auch die Union Financière beteiligt ist. Es handelt sich um die Soc. Madrileña de Tranvias, die Tramways et Electricité de Bilbao und die Regadios y Energia de Valencia, die sechs Gesellschaften kontrolliert und in der Gegend von Valencia elektrischen Strom erzeugt und verteilt. Außerdem ist die Hispanobel an der Union Electrica Vizcaïna beteiligt. An Elektrizitätswerken in Valencia, Arragonien und Catalonien ist die spanische Finanzierungsgesellschaft Soc. Financiera de Industrias y Transportes in Barcelona interessiert, die zum Kreis der Sofina gehört. Die Tochtergesellschaft der kanadischen Holdinggesellschaft Sidro (Sofina-Gruppe), die Barcelona Traction, Light and Power Co., Ltd., Toronto, (Aktienkapital 39,6 Mill $, Obligationen 66,8 Mill $) arbeitet in der Nordostecke Spaniens, die begrenzt wird im Osten von der Küste (Palamos — Barcelona — Tarragona — Ebromündung), im Norden von der spanischen Grenze, im Westen von den Flüssen Ribagorzana und Rio Segre, im Süden vom Ebro zwischen seiner Mündung und der Stadt Ascatron. Sie produzierte im Jahre 1929 718,250 Mill kWh (620,175 i. V.) und zeigt angesichts der Elektrisierung der Eisenbahnen eine günstige Entwicklung. In *Portugal* sind Sofina, Electrobel und Electrotrust an der Cie. Réunis Gaz et Electricité de Lisbonne interessiert, die stark in Expansion begriffen ist, ihre Zentrale am Tajo erweiterte und ihren Konzessionsvertrag mit der Stadt Lissabon bis zum Jahre 1978 verlängerte (1929 für 18 Monate: 67,9 Mill kWh und 13,2 Mill m³ Gas).

Die beiden belgischen Gesellschaften der Volpischen Finanzgruppe haben im letzten Jahr unter Mitwirkung des Londoner Bankhauses Dawnay, Day & Co., Ltd., eine *englische* Trustgesellschaft, die British and International Utilities Ltd. in London, gegründet, der von Volpi eine große Bedeutung beigemessen wird. Es ist das erstemal, daß sich kontinental-europäisches Kapital in der englischen Elektrizitätsindustrie betätigt. Möglicherweise will man auf diesem Wege das weitere Vordringen des amerikanischen Einflusses in der englischen Elektrizitätswirtschaft verhindern, der besonders bei dem über 90 Ortschaften versorgenden Unternehmen des Greater London and Counties Trust liegt. Die Sofina besitzt Beziehungen zur englischen Electric and Railway Finance Corp., der Finanzierungsgesellschaft des alten Dokkerkonzerns, der in der Associated Electrical Industries aufgegangen ist. Frank Dudley *Dokker* ist Mitglied des Verwaltungsrats der Sofina.

Deutschland, dessen Elektrizitätswirtschaft durch die vorwiegende Beteiligung der öffentlichen Hand charakterisiert wird, ist kein besonderes Betätigungsfeld für internationale Elektro-Finanzierungsgesellschaften gewesen. Die Sofina hat als Führerin eines internationalen Konsortiums zur Übernahme von 5 Mill RM Gesfürel-Aktien im August 1924 die alte Verbindung zur deutschen Elektroindustrie wieder hergestellt und sich auch an den beiden Tochtergesellschaften der Gesfürel, der Neckarwerke AG. und der Elektrizitätswerk Schlesien AG., beteiligt, ihren Einfluß in Deutschland außerhalb des Gesfürel-Konzerns aber nicht erweitern können. Die Beteiligung der Gruppe Sofina-Gesfürel an der neugegründeten Berliner Kraft- und Licht-AG. verdient deshalb unter dem Gesichtspunkt einer Einschaltung der Sofina in das von der öffentlichen Hand beherrschte Gruppensystem der deutschen Elektrizitätswirtschaft Beachtung.

Mitteleuropa, dem *Balkan* und den neugeschaffenen *östlichen Staaten* widmet das internationale Elektrokapital besondere Aufmerksamkeit. Hier sind neben den Amerikanern, die in Rumänien die Telephonkonzession gewinnen konnten, aber nicht immer erfolgreich waren (Harrimans Konzessionspläne in Polen), in Gemeinschaft mit französischem Kapital auch die belgischen Finanzierungsgesellschaften stark interessiert. Der Stützpunkt dieser Gruppen in Zentraleuropa ist die Niederösterreichische Eskomptegesellschaft. In ihr kreuzt sich der Einfluß der belgischen Banken (Banque de Bruxelles, Banque Nationale de Crédit u. a.) mit dem der französischen Schneider-Gruppe, die in der Union Européenne Industrielle et Financière eine besondere Finanzierungsgesellschaft für ihre tschechoslowakischen und österreichischen Interessen besitzt. Die Angliederung der bisher selbständigen Vereinigte Elektrizitäts AG., Wien, als Elektroabteilung innerhalb ihrer Verwaltungsorganisation zeigt deutlich das überwiegend auf elektrizitätswirtschaftlichem Gebiet liegende Interesse dieser Bank. Ihre internationalen Beziehungen reichen über ihre wichtigste Beteiligung, die Vereinigte Glühlampen und Elektrizitäts AG., Ujpest, bis zur Gruppe der General Electric Co., Schenectady. Zwischen der Niederösterreichischen Eskomptegesellschaft und der Electrobel bestehen ebenfalls Verbindungen. An beiden Unternehmen ist das amerikanische Bankhaus W. A. Harriman & Co. interessiert. In Ungarn berührt sich die Niederösterreichische Eskomptegesellschaft mit der Sofina, der Gesfürel und den beiden Volpischen Unternehmen, der Europel und Cibe, in der *ungarischen* Holdinggesellschaft, der AG. für elektrische und Verkehrsunternehmungen (Trust), Budapest. Die Electrobel ist in *Rumänien* führend an dem Ausbau des Elektrizitätswerkes in Klausenburg, der Uzinele Electrice Cluj S. A., in Gemeinschaft mit der Stadt Cluj und der Transsylvanischen Steinkohlenbergbau AG. beteiligt. In der Braila Tramways et Eclairage Electrique (Kapital 26,5 Mill Fr) besitzt die Electrobel mit der Soc. de Traction et d'Electricité, der Cie. Centrale de l'Industrie Electrique, Brüssel, und der Soc. d'Electricité du Canton de Lens die Konzession für Beleuchtung und Bahnbetrieb in dieser Stadt bis zum Jahre 1957. Zur Entwicklung der rumänischen Wasserkraftwirtschaft durch den Ausbau der verschiedenen Gefällstufen der Jalomita in den Zentralen von Schitu-Golesti, Dobresti und Gura-Ocnitei wurde die Hydrofina (Cie. Financière d'Exploitations Hydroelectriques, Kapital 150 Mill Fr) gegründet, welche die Kontrolle über die „Electrica" (Kapital 192 Mill Lei), die bedeutendste und älteste rumänische Verteilungsgesellschaft, erwarb. Diese wurde von der Elektrizitäts AG. vormals Lahmeyer & Co. errichtet, später aber von einer rumänischen Finanzgruppe übernommen. Sie besitzt Zentralen in Sinaia, Campina und Floresti und versorgt Bukarest sowie den ganzen Petroleumbezirk Prahova mit elektrischem Strom. Ihre Beteiligungen an den Braunkohlengesellschaften Creditul Carbonifer und Lignitul sichern ihr eine eigene Kohlenbasis. Gründer der Hydrofina sind die Banque de Bruxelles, Banque de Paris et des Pays-Bas, das Bankhaus F. M. Philippson & Cie., die im freundschaftlichen Verhältnis zur Schneider-Gruppe stehende Banque de l'Union Parisienne und die Soc. de Traction et d'Electricité (Kapital 260 Mill Fr). Dieser große belgische Verkehrstrust mit weitreichenden internationalen Beziehungen ist aus der Fusion der Soc. d'Electricité et de Traction mit der Cie. Auxiliaire d'Electricité et de Transports entstanden und unterliegt dem Einfluß der drei Konzerne Sofina, Electrobel und Empain. Neuerdings hat die Electrobel ihre Beteiligung an der Hydrofina abgestoßen. Nach *Bulgarien* führen die Verbindungen der Electrobel über eine ihrer Unterholdings, die Union Financière d'Electricité et de Transports, die eine Beteiligung an der Cie. d'Electricité de Sofia et de Bulgarie (Kapital 40 Mill Fr, 1929: 25,9 Mill kWh) besitzt, in der sich auch die Soc. de Traction et d'Electricité und die Cie. Centrale de l'Industrie Electrique, Brüssel, treffen. Auf *griechischem* Gebiet, das in besonderem Maße dem Einfluß italienischen

Elektrokapitals unterliegt, ist die Soc. de Traction et d'Electricité in den „Tramways et Eclairage Electrique de Salonique" tätig, die eine hydroelektrische Zentrale in Verria besitzen und durch eine 70 km lange Hochspannungsleitung Saloniki und Umgebung mit Strom versorgen. Sie nutzen die mazedonischen Wasserkräfte bei Vladovo aus. Eine andere Balkanbeteiligung derselben belgischen Verkehrs-Holdinggesellschaft ist die an den Tramways et Eclairage de Belgrad. In der Tschechoslowakei gründete die Electrobel zusammen mit der Union Financière d'Electricité et de Transports und dem Elektrotrust, einer anderen mit der Union Financière verkoppelten Unterholding der Electrobel, und der Niederösterreichischen Eskomptegesellschaft die Société d'Electricité pour l'Europe Centrale, Brüssel, zur Förderung des elektrizitätswirtschaftlichen Ausbaus dieses Landes. Sie hat sich an verschiedenen Elektrizitätswerken beteiligt und u. a. die Betriebe der Vereinigten Elektrizitäts AG. in Bruck und Teplitz übernommen.

Alle belgischen Elektro-Holdinggesellschaften und Großbanken haben die Finanzierung der polnischen Elektrizitätswirtschaft in umfangreichem Maße unterstützt und sind an der für diese Zwecke errichteten Dachgesellschaft, der Soc. d'Entreprises Electriques en Pologne (Kapital 10 Mill Fr) beteiligt. Die Straßenbahnen in Radom, Bialystock, Czenstochowa, Kielce u. a. unterstehen ihrem Einfluß. Ihre Tochtergesellschaft, die Soc. Générale d'Exploitations Electriques de Lodz et Extensions (Kapital 125 Mill Fr) beherrscht die Lodzer Elektrizitätsgesellschaft (Cie. d'Electricité de Lodz „Lotesa", 1929: 113,4 Mill kWh) und hat sich an der Cie. des Tramways de Lodz und der Elektroanlagen AG., Basel, beteiligt, die ihrerseits bedeutende Interessen an der Lotesa besitzt. An der Soc. Générale d'Exploitations Electriques de Lodz et Extensions ist neben der Soc. de Traction et d'Electricité auch die Bank für elektrische Unternehmungen interessiert. Die Electrobel selbst ist an den Tramways Suburbains et Vicinaux de Varsovie beteiligt, die 92 % des Kapitals der polnischen Gesellschaft Chemins de Fer Vicinaux de Varsovie hält. Diese betreibt Eisenbahnlinien von 180 km Länge, die elektrisiert werden sollen. Die unter dem Patronat der Electrobel stehende Union Financière d'Electricité et de Transports (Kapital 270 Mill Fr) besitzt Interessen an der Centrale Electrique Régionale du Bassin de Dombrowa (1928: 24,3 Mill kWh), der Soc. Varsovienne pour la construction de Locomotives und an den Hauts Fourneaux et Usines d'Ostrowice. Die Soc. de Traction et d'Electricité interessierte im März 1930 ausländische Gruppen (Banque de l'Union Parisienne, L'Union des Mines, Cie. Générale d'Electricité, Paris, Union Electrique et Financière, Paris, [Kapital 60 Mill Fr], Hambros Bank, London, Blair & Co., New York) zusammen mit polnischen Kohlen- und Erdölunternehmungen, die von französischem und belgischem Kapital finanziert werden, an der Gründung eines Syndikats für die Elektrisierung in Polen („Synelpol"). Nach Pressemeldungen sollen auch die Niederösterreichische Eskomptegesellschaft und der Harriman-Konzern daran beteiligt sein. Das ist insofern interessant, als das Syndikat sich um eine Konzession für die Elektrizitätsversorgung des seinerzeit von Harriman in Aussicht genommenen Gebietes bewirbt, das sich auf 65 Kreise der Woiwodschaften Warschau, Lodz, Kielce, Lublin, Krakau und Lemberg und somit auf etwa ein Fünftel des gesamten polnischen Gebiets mit einem Drittel der Gesamtbevölkerung erstreckt. Der Plan des Syndikats umfaßt noch weitere 35 Kreise im Osten und Südosten Polens, beruht auf der Ausnutzung bereits bestehender Kraftwerke in den Kohlenrevieren Krakau und Dombrowa und im galizischen Erdölrevier, sieht aber auch den Bau von Großkraftwerken, auch Wasserkraftanlagen, vor, die aus militärischen Gründen eine Unabhängigkeit von den an der Grenze gelegenen oberschlesischen Kohlengebieten garantieren sollen. Auch hinter der „Pommerellen-Gebietskraftwerk Grodek AG." (Pomorska Elektrowia Krajowa Grodek) und der von ihr erstrebten Konzession für die Elektrizitätsversorgung der Woiwodschaften Posen und Pommerellen stehen schweizerische, französische und belgische Elektrizitätskonzerne. Zur Einflußsphäre der Electrobel und der Soc. de Traction et d'Electricité gehört ferner die Sobelpol (Soc. Belgo-Polonaise de Force et de Traction Electrique), der die Elektrizitätsgesellschaft Sila i Swiatlo AG. in Warschau nahesteht. Die dem Konzern der Sobelpol angeschlossenen Kraftwerke hatten am 1. VI. 1930 eine Leistungsfähigkeit von 71 210 kW. Bei der Kapitalerhöhung der Sobelpol von 52 auf 120 Mill belg. Fr wurden sämtliche neuen Aktien vom Trust Métallurgique Belgo-Français übernommen. Die unter dem Einfluß der Banque de Bruxelles stehende Cie. d'Electricité de Kowno regte die Gründung der Cie. Belgo-Lithuanienne d'Electricité an, die in Litauen die Zentrale Petrachuny baut und an der neben französischen Gesellschaften die Electrobel, die Soc. de Traction et d'Electricité, der Electrotrust und die speziell für osteuropäische Beteiligungen vorgesehene Unterholding der Electrobel, die Electricité et Tramways de l'Est de l'Europe (Kap. 15 Mill Fr), beteiligt sind. Die Electricité et Tramways de l'Est de l'Europe hat auch Interessen an der S. A. des Tramways de Riga und hält in ihrem Portefeuille Anteile russischer Gesellschaften, der Soc. d'Electricité d'Odessa, der Soc. des Téléphones d'Odessa und der Soc. des Tramways et Eclairage électrique de Simferopol. In Afrika gehören die S. A. des chemins de fer de Basse Egypte und die Soc. Egyptienne d'Electricité, die in Kairo eine Zentrale baut, zum direkten Interessenkreis der Electrobel. In der Soc. de Tramways du Caïre ist sie gemeinsam mit der Empain-Gruppe vertreten, die auch an der Gründung der Soc. Egyptienne d'Electricité mitgewirkt hat. Die Soc. des chemins de fer au Kivu (Kapital 120 Mill Fr) trägt ihren Einfluß bis in den Kongo, wo die Electrobel mit anderen Unternehmungen Bauarbeiten für die von der genannten Gesellschaft betriebene Bahnstrecke von Kivu zum Tanganyika-See leistet. Die Kongokolonie wird besonders von der Soc. Générale de Belgique wirtschaftlich erschlossen. Diese gründete mit der Soc. de Traction et d'Electricité die Soc. Générale des Forces Hydro-Electriques du Katanga („Sogefor"), an der auch die Union Minière du Haut Katanga beteiligt ist. Sie nutzt die Gefällstufe des Flusses Lufira in der Zentrale „Chutes Cornet" aus und leitet den Strom durch eine 73 km lange 120 kV-Leitung nach Panda zur Union Minière du Haut Katanga und anderen Abnehmern. Nach einer Kapitalerhöhung von 75 auf 80 Mill Fr gründete die „Sogefor" mit der Soc. de Traction et d'Electricité unter Interessenahme der Union Minière du Haut Katanga die Soc. Générale Africaine d'Electricité („Sogelec", Kapital 80 Mill Fr) als größte Verteilungsgesellschaft im Kongo. Sie übernahm von der Soc. Coloniale d'Electricité die Konzession für die Stromverteilung in Elisabethville und Likasi.

Der belgische Einfluß ist in zahlreichen asiatischen Unternehmungen oft recht bedeutend. Die besonders der Soc. Générale de Belgique und der Soc. de Traction et d'Electricité nahestehende Cie. Belge des chemins de fer et d'Entreprises ist in China an der Soc. Belge des chemins de fer en Chine, der Tramways et Eclairage Electrique de Shanghai und den Tramways de Tientsin beteiligt, zu denen auch die Electrobel Beziehungen unterhält. In Hinterasien berühren sich die Konzerne Sofina, Electrobel und die Soc. de Traction et d'Electricité in der Tramways et Electricité de Bangkok mit ihrer Unterbeteiligung, der Siam Electric Co., Ltd. In Niederländisch-Indien hat der Electrotrust (Kapital 325 Mill Fr) eine dominierende Stellung durch seine 50prozentige Beteiligung an der „Aniem" (Allgemeene Nederlandsch-Indische Electriciteit Mij., Kapital 14,6 Mill Gld) und der Nederlandsch-Indische Gas Mij. Die „Aniem" besitzt Elektrizitätskonzessionen auf Java und Borneo, erzeugte 1929 rd. 75,034 Mill kWh und verteilt die Produktion der N. I. W. E. M. (Nederlandsch-Indische Waterkracht Exploitatie Mij.). Diese Gesellschaft wurde 1925 mit einem Kapital von 6 Mill Gld je zur Hälfte von der „Aniem" und der Niederländisch-Indischen Regierung gegründet und beutet die Wasserfälle des Kali-Konto aus. Die Nederlandsch-Indische Gas Mij. ist das älteste Unternehmen dieser Kolonie (gegr. 1863) und besitzt Gaskonzessionen in Java, Sumatra und Surinam, die 1928 rd. 25 Mill m^3 erzeugten, sowie Elektrizitätskonzessionen in Java, Sumatra, Surinam, Celebes und Curaçao mit einer Stromgewinnung von 30 Mill kWh im Jahre 1928. Lebhaftes Interesse fand Vorderasien, ausgehend von der alten Beteiligung der Sofina an der Transport, Electricité et Gaz, Brüssel (Kapital 88 Mill Fr, früher Tramways et Electricité de Constantinople), an deren Finanzierung sich auch die Electrobel und die belgische Holdinggesellschaft der Empain-Gruppe, die Electrorail, interessiert haben. Zur Transport, Electricité et Gaz gehören folgende vier Gesellschaften in Konstantinopel und Umgegend:

Tramways de Constantinople,
Turque d'Electricité S. A. (1929: 66,5 Mill kWh),
Funiculaire entre Galata et Péra,
S. A. de Gaz et d'Electricité à Constantinople et d'Entreprises Industrielles mit einer Elektrizitäts- und Gaskonzession in Kadiköi und Stambul.

In der kleinasiatischen Türkei haben die Electrobel und die Soc. de Traction et d'Electricité Interessen an der Electricité et Tramways de Smyrne. Syrien ist im Gegensatz zu Ägypten und Palästina, die einige große Kraftwerke besitzen, mit einer ganzen Anzahl kleinerer Kraftstationen mit engen örtlichen Aufgaben versehen. Ein ausgedehntes Leitungsnetz verbindet die größeren Städte, wie Antiochia, Alexandrette, Aleppo, Tyrus, Tripoli, Beirut, Damaskus, Saida, Hama, Homs. Neben einer libanesischen Gesellschaft, die Kraftwerke an der Kadischa und südlich Tripolis baut,

haben sich belgische Elektrizitätsgesellschaften besonders für die Erschließung des flachen Landes interessiert. So besitzt die „Engetra" (S. A. d'Entreprise Générale de Travaux) neben einer Beteiligung an der Bagdad Light and Power Co., Ltd., auch Interesse an den Tramways et Eclairage de Beyrouth, die an der Safa (südöstl. Beirut) 2500 PS ausbauen und zwischen Hama und Homs ein 52 m hohes Stauwerk am Orontes errichten. Um die Erschließung der Kraftquellen des Libanon, die auf etwa 50 000 PS geschätzt werden, bemühen sich die zum Interessenkreis der Soc. Les Exploitations Electriques gehörenden Gesellschaften:

Soc. Antioche Electrique,
Cie. d'Eclairage et des Forces Motrices d'Alexandrette,
Soc. d'Electricité d'Alep.

An letzterem Unternehmen, das auch eine Konzession für die Wasserversorgung der Stadt Aleppo besitzt, ist die Electrobel direkt interessiert, außerdem hat an ihrer letzten Kapitalerhöhung die Banque de Bruxelles teilgenommen.

Die Enteignung der deutschen Elektrointeressen im Auslande und die Übernahme der Elektroaktien aus der Löwensteinschen Liquidationsmasse verstärkten den Einfluß der Sofina speziell in Süd- und Mittelamerika. Dabei kam gleichzeitig ein freundschaftliches Arrangement über gegenseitigen Interessenausgleich mit der Electric Bond & Shares Co. und ihrer Konzerngesellschaft, der besonders in Südamerika tätigen American and Foreign Power Co., zustande. Die ehemals Deutsch-Überseeische Elektrizitätsgesellschaft ging 1920 unter Umgründung in die „Chade" (Compañia Hispano-Americana de Electricidad) in den Besitz der Sofina über. Diese ist über die „Sidro" (Soc. Internationale d'Energie Hydro Electrique) an der Mexico Tramways Co. und der Mexican Light and Power Co. beteiligt, die 1929 eine Energieerzeugung von 660,1 Mill kWh gegen 633,7 Mill kWh im Vorjahre auswies und die Stadt Mexiko und deren weitere Umgebung mit Licht und Kraft versorgt. Mit der Chade, der Schweizerischen Kreditanstalt und internationalen Bankgruppen (Dillon Read & Co., International Manhattan Co., Mendelssohn & Co., Amsterdam, M. M. Warburg & Co.) gründete die Sofina die Canadian International Light and Power Investments Ltd. (Kapital 3 Mill $), deren Aufgabe es sein soll, durch Erwerb von Beteiligungen in industriell entwickelten Ländern (wohl besonders in Frankreich) eine Vereinheitlichung der Elektrizitätswirtschaft herbeizuführen. Die Unternehmen der Chade in Südamerika, deren Zentralen in Buenos Aires 1929 rd. 718 Mill kWh produzierten, stehen an Bedeutung hinter den mexikanischen nicht zurück. Eine Tochtergesellschaft der Chade, die Comp. Argentina de Electricidad (1929: 42,8 Mill kWh) erweiterte ihren Wirkungskreis und übernahm 1929 die Geschäfte der Comp. de Gas de la Plata und der Comp. Explotadora de Fabricas de Gas. Ihre Beteiligung an der Empresa de Luz y Fuerza in Mendoza verkaufte sie an die Electric Bond & Shares Co. und erwarb dafür die Kontrolle der Comp. de Electricidad de la Provincia de Buenos Aires. Beim Ausbau des Eisenbahnnetzes dieser Provinz ist die Cie. Générale des chemins de fer dans la Province de Buenos Aires tätig, die gemeinsam mit der zum Sofina-Konzern gehörigen Cie. Générale de Tramways de Buenos Aires, Brüssel, an der Anglo Argentine Tramway Cy., Ltd., beteiligt ist und ihrerseits wieder dem Interessenkreis der bereits erwähnten Cie. Belge des chemins de fer et d'Entreprises angehört. In Rosario ist die Sofina zusammen mit der Soc. de Traction et d'Electricité an der Soc. d'Electricité de Rosario (1929: 61 Mill kWh) interessiert, die die Kontrolle über die N. V. Centrale Mij. voor Electrotechnische en Industrieele Ondernemingen (Cemave) erworben hat und über diese Gesellschaft die Comp. Generale Argentina de Luz y Fuerza mit Gaskonzession in Rosario besitzt. In den V. S. Amerika hat die Finabel (Financière et Industrielle de Belgique) eine Beteiligung an der Columbia Gas and Electric Corp. erworben.

Das Vorgehen aller belgischen Elektro-Finanzierungs- und -Holdinggesellschaften zeigt eine gewisse Einheitlichkeit. In wirtschaftlich wenig entwickelten Ländern sucht man die Grundlagen der Elektrizitätswirtschaft zu entwickeln, Kraftwerke zu bauen und von vornherein ein zentralisiertes, den Bedürfnissen des Landes angepaßtes Verteilungssystem zu schaffen. Alles geschieht unter dem Gesichtspunkt höchster Rationalität nach einem weitausschauenden Plan, für dessen Durchführung eine besondere Holdinggesellschaft mit regional begrenzten Aufgaben bestimmt ist, wie z. B. in Spanien, Rumänien, Polen und der Tschechoslowakei. In Ländern mit entwickelter Kraftwirtschaft werden bedeutende, z. T. auf Gegenseitigkeit beruhende Beteiligungen an bereits bestehenden Elektrizitätswerken oder Elektro-Holdinggesellschaften mit großem Wirkungskreis erworben, wie z. B. in Deutschland (Gesfürel), Frankreich (Cie. Centrale pour l'Industrie Electrique), Ungarn (Ges. für elektrische und Verkehrsunternehmungen [Trust]), Niederländisch-Indien (Aniem). Mit den in gewissem Sinne isolierten und selbständigen Kraftwirtschaften anderer Länder (z. B. Italiens) bestehen finanzielle Bindungen. An der Spitze dieses komplizierten und weitverzweigten Beteiligungssystems stehen, unterstützt durch einige Zwischenholdings (Electrotrust, Union Financière d'Electricité et de Transports, Les Exploitations Electriques usw.), die großen internationalen Elektro-Holdinggesellschaften, die den Charakter von Gruppen tragen (Sofina, Electrobel, Soc. de Traction et d'Electricité, Empaingruppe), untereinander durch finanzielle und andere Bindungen stark verflochten sind und in engster Gemeinschaft mit den belgischen Großbanken arbeiten. Wann jedoch das von Belgien gesteckte Ziel einer einheitlichen europäischen Stromwirtschaft, wie es in dem Antrag beim Völkerbund zum Ausdruck kommt, erreicht wird, läßt sich schwer beurteilen. Man muß zugeben, daß bei dem starken Einfluß paneuropäischer Gedanken eine Verwirklichung dieses Planes heute keine Utopie mehr ist. In dem internationalen Beteiligungskomplex der von Belgien ausgehenden Elektro-Finanzierungsbewegung läßt sich unschwer ein besonders intensiv bearbeiteter zentraleuropäischer Block erkennen. Auf die lebhafte Tätigkeit belgischen Kapitals in Frankreich und Polen wurde bereits hingewiesen. In Deutschland wird eine Vereinheitlichung der Elektrizitätswirtschaft im Heinemannschen Sinne durch die Entwicklung der großen Erzeugergruppen RWE, Elektrowerke, Preag und die Bildung von natürlichen Kraftprovinzen angestrebt. Der Zusammenschluß der einzelstaatlichen Netze dieser drei Länder würde danach den Kern abgeben, um den sich Mittel- und Südosteuropa ohne Schwierigkeiten kristallisieren könnten.

Neuere Messungen an Kurzwellen-Richtantennen*.

(Mitteilungen aus dem Telefunken-Laboratorium.)

Von **A. Gothe**, Berlin.

Übersicht. An Kurzwellen-Richtantennen zum Senden und Empfangen sind gemessen worden: das Horizontal- und Vertikaldiagramm in der Nähe, die Feldstärkenerhöhung in transatlantischen Entfernungen, die Reflektorwirkung und die Verbesserung des Verhältnisses Zeichen : Störungen. In allen Fällen wurde gute Übereinstimmung mit der Rechnung erreicht.

Solange in der drahtlosen Telegraphie nur mittlere und lange Wellen benutzt wurden, war gerichtetes Senden und Empfangen nur in sehr begrenztem Maße möglich. Um eine Bündelung mit erträglichem Wirkungsgrad zu erreichen, sind Antennenmaße von mindestens ¼ Wellenlänge nötig. Bei den langen, für transatlantischen Verkehr benutzten Wellen in der Größe von 10 000 m bedeutet das Antennenausdehnungen von mindestens 2,5 km. Erst bei den kurzen Wellen werden die Abmessungen so klein, daß Antennen von der Ausdehnung mehrerer Wellenlängen technisch und wirtschaftlich möglich sind; daher hat die Entwicklung stark bündelnder Antennen gleich nach der Entdeckung der günstigen Übertragungsbedingung der Kurzwellen eingesetzt. Heute ist die Entwicklung im wesentlichen abgeschlossen. Sie hat zu einer Anzahl verschiedener Antennentypen geführt, die jedoch sehr viel Gemeinsames haben. Fast alle in Betrieb befindlichen Kurzwellen-Richtantennen bestehen aus vielen Einzelstrahlern, die in einer Ebene senkrecht zur Fortpflanzungsrichtung der Wellen angeordnet sind. Alle Einzelstrahler werden mit gleicher Amplitude und Phase erregt. Die verschiedenen Antennensysteme unterscheiden sich hauptsächlich durch die verschiedene Polarisation der Einzelstrahler und durch die verschiedene Art ihrer Speisung. Es gibt Antennen mit vertikaler, geneigter

* Vortrag, gehalten am 2. XII. 1930 im Elektrotechnischen Verein in Gemeinschaft mit der Heinrich-Hertz-Gesellschaft zur Förderung des Funkwesens.

und horizontaler Polarisation. Die Erregung geschieht gruppenweise entweder in Serien- oder Parallelschaltung.

Die Wirkungsweise der Richtantennen, insbesondere ihre Diagramme in der Horizontal- und Vertikalebene sowie die erzielbare Energieverdichtung lassen sich berechnen. Im folgenden wird an einer Anzahl Messungen gezeigt, in welchem Maße es praktisch möglich ist, die errechneten Werte zu erreichen. Die Messungen sind an Telefunken-Richtantennen in Nauen und Beelitz ausgeführt. Die Antennen zum Senden und Empfangen sind grundsätzlich gleich.

Die Elemente der Telefunken-Richtantennen sind horizontale Dipole, die ½ Wellenlänge lang sind. Die Dipole werden über- und nebeneinander in einer Ebene angeordnet und gruppenweise durch vertikale Lecher-Leitungen gespeist (Abb. 1). Hinter der Antennenebene befindet sich in ¼ Wellenlänge Abstand eine genau ebensolche Reflektorebene, die die Strahlung einseitig machen soll. Die Lecher-Leitungen werden mit Transformatoren verbunden, die den Zweck haben, eine phasen- und amplitudenrichtige Kopplung zwischen Antenne und und Reflektor herzustellen und außerdem das ganze Antennengebilde an eine Energieleitung anzupassen, die zum Sender oder zum Empfänger führt[1]. Derartige Antennen sind bis zu einer Größe von 96 Einzeldipolen in der Antennenebene und ebensoviel in der Reflektorebene ausgeführt worden.

Abb. 1. Prinzip der Telefunken-Richtantenne. Spannungsverteilung auf den Dipolen und der Speiseleitung.

Abb. 2 zeigt drei solcher Antennen, die in Nauen stehen, eine für Nordamerika und zwei für Südamerika. Die Dipole sind in 6 Reihen übereinander und in 16 Reihen nebeneinander angeordnet. Je eine solche Antenne ist auf der Senderseite in Nauen und auf der Empfangseite in Beelitz untersucht worden. Zunächst wurde in Nauen das Horizontaldiagramm am Erdboden in 2,2 km Abstand von einer Sendeantenne für 15 m-Welle aufgenommen. Das geschah mit einem Empfänger, dessen Ausgangsamplitude durch ein Röhrenvoltmeter gemessen wurde. In Abb. 3 ist sowohl das gemessene als auch das gerechnete Diagramm wiedergegeben. Zur besseren Übersicht sind rechtwinklige Koordinaten statt Polarkoordinaten gewählt. In der Abszissenachse sind die Winkelgrade zwischen der Hauptstrahlrichtung „0" und den Meßrichtungen aufgetragen; die Ordinaten geben die gemessenen Feldstärkenwerte in Hundertsteln der Maximalfeldstärke in der Hauptstrahlrichtung wieder. Eine Aufnahme des vollen Horizontaldiagramms war am Boden nicht möglich, weil in vielen Richtungen Hindernisse im Wege waren. Vor kurzem ist eine solche Messung mit einem Flugzeug durch die Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt (DVL.) gemacht worden; doch können darüber noch keine Einzelheiten mitgeteilt werden, weil die Aufnahmen noch nicht abgeschlossen sind. Am Boden ist noch die Feldstärke in der dem Hauptstrahl entgegengesetzten Richtung gemessen worden, um die Reflektorwirkung zu kontrollieren; es ergab sich erheblich weniger als 1 % der Maximalfeldstärke.

Abb. 2. 3 Kurzwellen-Richtantennen in Nauen, 2 nach Südamerika, 1 nach Nordamerika gerichtet.

Abb. 3. Horizontaldiagramm einer Richtantenne in Nauen mit 16 Horizontaldipolen nebeneinander.

Das Vertikaldiagramm ist bisher an den großen Antennen noch nicht gemessen worden. Es liegen jedoch die Ergebnisse von Flugzeugmessungen an einer kleineren provisorischen Richtantenne vor. Diese Messungen sind ebenfalls von der DVL. gemacht und veröffentlicht worden[2]. In Abb. 4 sind sowohl die gerechneten als auch die gemessenen Vertikaldiagramme der provisorischen Japan-Antenne in Nauen wiedergegeben. Diese Antenne besteht aus vier horizontalen Dipolreihen übereinander. Die Übereinstimmung zwischen Rechnung und Messung muß als sehr gut bezeichnet werden; man erkennt in dem gemessenen Diagramm deutlich das kleine Nebenmaximum zwischen 25 und 30° Erhebungswinkel. Die Verschiebung des Diagramms nach oben rührt daher, daß der Abstand des Flugzeugs noch nicht unendlich groß war im Verhältnis zur Ausdehnung der Antenne.

Abb. 4. Vertikaldiagramm der provisorischen Japan-Antenne in Nauen.

In der Nähe der Antenne stimmen die gemessenen und berechneten Diagramme recht gut miteinander überein. Es kann aber trotzdem bezweifelt werden, daß die Bündelung auch in transatlantischen Entfernungen erhalten bleibt, wo die Erdkrümmung bereits eine wesentliche Rolle spielt. Um darüber Aufschluß zu bekommen, wurde von der Radio-Corporation auf ihrer Empfangsanlage Riverhead bei New York eine Reihe Feldstärkemessungen von Nauen-Sendern in Mikrovolt/Meter vorgenommen. Während der Versuchszeiten wurde in Nauen die Sendeantenne alle 5 Minuten gewechselt bei gleichbleibender

[1] Die Abbildung einer derartigen Antennenanlage brachte die ETZ 1930 auf S. 151 (Abb. 5), ferner 1931, S. 388 (Abb. 2).

[2] Bäumler, Krüger, Plendl u. Pfitzer, Z. Hochfrequenztechnik Bd. 36, S. 1 (1930). ETZ 1931, S. 388.

Leistung des Senders. Es wurde abwechselnd eine große Richtantenne von 96 Dipolen mit einer kleineren Anlage von nur 16 Dipolen verglichen. Die Meßwerte sind in Abb. 5 graphisch dargestellt. Nach der Rechnung ist ein Feldstärkenverhältnis von $\sqrt{96} : \sqrt{16} = 2{,}45 : 1$ zu erwarten; im Mittel ist dieses Verhältnis voll erreicht worden. Ein ähnlicher Vergleich wurde zwischen der großen Richtantenne aus 96 Dipolen und einem einzelnen Horizontaldipol angestellt. Die Rechnung ergibt ein Feldstärkenverhältnis $\sqrt{96} : 1 = 9{,}8 : 1$; auch dieser Wert ist voll erreicht worden.

Antenne *A*: 96 Dipol- und 96 Reflektordrähte (16 nebeneinander, 6 übereinander)
Antenne *B*: 16 Dipol- und 16 Reflektordrähte (4 nebeneinander, 4 übereinander)

Abb. 5. Feldstärkemessungen in New York zum Vergleich der beiden Richtantennen des Nauen-Senders *DFA* ($\lambda = 15{,}592$ m).

Aus der Erhöhung der Feldstärke geht schon hervor, daß die Bündelung erhalten bleibt; es wurde aber noch ein weiterer Versuch gemacht, der dies sehr augenfällig bestätigt. Zwei gleich starke Sender mit fast gleicher Wellenlänge sandten in Nauen gleichzeitig, und zwar einer mit einer Richtantenne für Nordamerika, der zweite mit einer ebensolchen Antenne für Südamerika. Die Hauptstrahlrichtungen beider Antennen bilden einen Winkel von 64 ° miteinander. Von beiden Sendungen wurden in Riverhead Feldstärkemessungen ausgeführt. Die Ergebnisse sind in Abb. 6 zusammengestellt. Rechnerisch ergibt sich aus den Antennendiagrammen ein Feldstärkenunterschied von 76 : 1. Am ersten Tage wurde ein durchschnittliches Verhältnis von 44,6 : 1 gemessen. Wenn man berücksichtigt, daß an der Heavisideschicht sicher eine gewisse Streuung stattfindet, so muß dieses Ergebnis als sehr gut bezeichnet werden. Am zweiten Meßtage wurden außergewöhnliche erdmagnetische Störungen registriert, die ungünstige Übertragungsbedingungen für kurze Wellen zur Folge hatten. An diesem Tage war das gemessene Feldstärkenverhältnis im Mittel nur 4,2 : 1. Die Feldstärken selbst lagen ganz erheblich niedriger als am Vortage.

Um einen Begriff über die Größe der Empfangsfeldstärke zu bekommen, sei darauf hingewiesen, daß am 21. XI. 1929 zwischen 16 h und 16 h 40 m MEZ. in Riverhead über 2000 µV/m von Nauen gemessen worden sind. 1600 µV/m genügen aber schon, um Rundfunk mit Detektor ohne Verstärkung im Kopfhörer zu empfangen. Wie die Meßwerte zeigen, muß aber der transatlantische Betrieb oft mit weniger als 1/100 dieser Feldstärke arbeiten.

Zur vollen Ausnutzung der Energieerhöhung durch die Richtantennen ist es nötig, daß auch die Speiseleitungen zwischen Antenne und Sender oder Empfänger sowie die Antennentransformatoren möglichst verlustfrei arbeiten. Daher werden Speiseleitungen aus konzentrischen Kupferröhren benutzt, die selbst bei einer Wellenlänge von 15 m auf 100 m Länge nur 3 % Energieverlust haben. Die Verluste der Transformatoren einer großen Richtantenne sind in Nauen mit 1,3 % gemessen worden.

An einer großen Empfangsantenne in Beelitz sind in ähnlicher Weise wie in Nauen Messungen des Horizontaldiagramms am Boden ausgeführt worden. Das geschah mit Hilfe eines transportablen Hilfsenders, der in etwa 2 km Umkreis um die Antenne gefahren wurde. Es ist beabsichtigt, auch die Empfangsantennen mit Flugzeugen auszumessen.

DFA-Antenne auf New York gerichtet, *DHO*-Antenne nach Südamerika gerichtet; Richtungsdifferenz 64°

Abb. 6. Feldstärkemessungen in New York von den Nauen-Sendern *DHO* und *DFA*, bezogen auf je 20 kW Senderleistung.

Um die Empfangsverbesserung der großen Richtantenne gegenüber einem einzelnen Horizontaldipol festzustellen, wurde eine Anzahl Vergleichsaufnahmen mit Schleifenoszillographen gemacht. Abb. 7 zeigt einen Ausschnitt aus einem solchen Streifen. Der Sender Rio de Janeiro auf Welle 15,6 m wurde mit großer Richtantenne von 96 Dipolen und einem Einzeldipol aufgenommen. Der Empfang geschah mit zwei gleichen Empfängern durch Überlagerung der Telephonie-Trägerwelle auf Niederfrequenz.

Abb. 7. Gleichzeitiger Empfang (Telephonie) von Rio de Janeiro (Sender ppu, $\lambda = 15{,}6$ m) mit Richtantenne und Einzeldipol. Das Oszillogramm zeigt die Amplitudenvergrößerung durch die Richtantenne.

Der Ausschlag des Oszillographen von der Nullinie ist proportional der Eingangsspannung am Empfänger. Um etwaige Verschiedenheiten der Verstärkung beider Empfänger zu erkennen, wurden die Antennen mehrmals vertauscht. Die Auswertung vieler Aufnahmen ergibt wie bei der Senderantenne eine etwa 10mal größere Amplitude der Richtantenne gegenüber dem Einzeldipol. Es sind absichtlich keinerlei Mittel zur selbsttätigen Konstanthaltung der Amplitude verwandt worden, um eine getreue Wiedergabe der Eingangsspannung an den Empfängern zu erhalten.

Die Abb. 8 zeigt die Reflektorwirkung bei Fernempfang. Es wurde wieder gleichzeitig mit Richtantenne und einem Einzeldipol aufgenommen und oszillographiert. In diesem Fall war jedoch die Verstärkung beider Empfänger so eingestellt, daß beide Ausgangsamplituden annähernd gleich waren. Im ersten Teil des Oszillogramms

kommen die Zeichen mit beiden Antennen gleichzeitig an, Doppelzeichen sind kaum zu erkennen. Bei der Aufnahme des zweiten Oszillogrammteiles waren Antenne und Reflektor vertauscht und dadurch die direkte Richtung zum Sender abgeblendet. Die Hauptaufnahme geschah daher

Abb. 8. Gleichzeitiger Empfang mit Dipol und Richtantenne von Rio de Janeiro. Der erste Teil zeigt direkten Empfang. Beim zweiten Teil war die Empfangsrichtung der Richtantenne umgekehrt, so daß sie nur Rückwärtszeichen aufnahm. Der Dipol blieb dauernd unverändert. (Sender ppu, $\lambda = 15{,}6$ m.)

aus der entgegengesetzten Richtung. Der Einzeldipol blieb unverändert. Jetzt erkennt man eine Versetzung der mit umgekehrter Richtantenne aufgenommenen Zeichen. Eine genaue Ausmessung der Zeitdifferenz ergibt 0,067 s. Daraus geht hervor, daß die nacheilenden Zeichen nur von rückwärts einfallen können, denn zu einem Erdumlauf brauchen die elektrischen Wellen 0,134 s. Der direkte Weg nach Rio beträgt etwa 10 000 km und der rückwärtige also 30 000 km. Die Differenz beider (20 000 km) entspricht einer Zeichennacheilung von 0,067 s, was genau mit dem gemessenen Wert übereinstimmt. An den mit V bezeichneten Stellen sind ganz schwach die von vorn kommenden Zeichen erkennbar. Sie treffen zur gleichen Zeit ein wie der Empfang mit Einzeldipol. Das wirkliche Verhältnis zwischen Vorwärts- und Rückwärtszeichen geht aus dem Empfang mit Dipol hervor. An den mit D gekennzeichneten Stellen sind Vorwärtszeichen ganz schwach sichtbar. Das Oszillogramm Abb. 9 zeigt zu einer Zeit mäßiger atmosphärischer Störungen wieder gleichzeitigen Empfang mit großer Richtantenne und

Abb. 9. Gleichzeitiger Empfang von Rio de Janeiro mit Dipol und Richtantenne. Das Oszillogramm zeigt die Ausschaltung atmosphärischer Störungen durch die Richtantenne.

Einzeldipol. Man erkennt daraus die sehr große Verbesserung des Verhältnisses Zeichen : Störungen durch die Richtantenne.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die großen Telefunken-Richtantennen voll die berechnete Überlegenheit gegenüber Einzelantennen erreichen. Die in der Nähe gemessenen horizontalen und vertikalen Diagramme stimmen gut mit der Theorie überein. Auch in transatlantischen Entfernungen wurde die berechnete Feldstärkenüberlegenheit durch Messungen bestätigt.

Erzeugung von Edelstählen in Hochfrequenzöfen.

In einer bemerkenswerten Arbeit[1] berichten Dörrenberg und Broglio über eingehende Betriebsversuche an dem ersten in Deutschland in Dauerbetrieb befindlichen Hochfrequenzofen. Die wissenschaftliche Entwicklung dieser Öfen, namentlich für Zwecke der Eisenindustrie, wurde in Deutschland besonders von F. Körber[2], F. Wever[3], H. Neuhauß[2], G. Hindrichs[2] und W. Fischer[4] geleistet.

Die Ansichten über die zweckmäßige Frequenz haben sich geändert, indem man heute wieder zu niedrigeren Werten zurückgeht. Früher versuchte man mit Frequenzen von bis zu 100 000 Hz zu arbeiten[5].

Die Minderung der Frequenz bringt eine Verteuerung der Anlage (mit Ausnahme des Stromerzeugernetzes) mit sich, so daß je nach der Größe des Ofens eine andere Frequenz am wirtschaftlichsten wäre: große Öfen erhalten zweckmäßig kleinere Frequenzen als kleinere Öfen. Abgesehen von den Fragen der Anschaffungskosten (vorstehend angedeutet) und den Fragen des Wirkungsgrades (in den Arbeiten von Northrup u. a. behandelt) hat aber die Wahl der Frequenz noch Einfluß auf die Durchmischung des Bades. Mit fallender Frequenz steigt die (mechanische) Oberflächenspannung des Bades; der Badspiegel erhöht sich, was nicht wünschenswert ist. Als günstigste Frequenz für Stahlwerksöfen wird 500 ... 2000 Hz angesehen. Die hier beschriebenen Versuche sind an einem mit 2000 Hz betriebenen Ofen gemacht.

Der Ofen ist für einen Einsatz von 250 ... 350 kg gebaut. Die Grundschaltung zeigt Abb. 1, die auch die Leistungsangaben enthält. Ohne die Kondensatoren würde der Ofen nur mit einem Leistungsfaktor von etwa 0,1 arbeiten; der Leistungsfaktor schwankt sehr stark mit der Belastung und wird durch Abschalten von Kondensatoren jeweils möglichst auf 1 eingeregelt. Bei noch stärkeren Belastungschwankungen, als sie in dieser Anlage auftreten, käme u. U. die Verwendung eines Variometers in Frage. Das Zu- und Abschalten der Kondensatoren geschieht mit Hilfe von Lufttrennschaltern besonderer Bauart: im Augenblick des Schaltens wird selbsttätig ein Feldschwächungswiderstand in den Erregerkreis des Generators geschaltet, wodurch die Spannung soweit heruntergedrückt wird, daß Spannungstöße durch das Schalten nicht mehr entstehen.

Abb. 1. Schaltbild der Anlage.

Die bauliche Anordnung ergibt sich aus Abb. 2. Die Lage der Kondensatoren ist mit Rücksicht auf kurze Zuleitungsverluste zwischen Kondensator und Ofen gewählt. Der Ofen ist ohne Verkleidung in einem Gerüst untergebracht, wodurch die Spule besser gekühlt wird als bei Vorhandensein einer Verkleidung. Die Spule besteht aus zwei flachgepreßten Kupferrohren, die unten und oben durch ein stabiles Gewölbe aus Isolierstoff abgestützt werden. Die Spule hat Wasserkühlung, Wasserverbrauch 20 l/min (Wasserdruck bis 7 at). Die Abflußtemperatur ist normal unter 45°; über 60° darf sie nicht steigen, um Kesselsteinablagerung in den Kühlrohren (Spule) zu verhindern. Die Kippachse des Ofens geht durch die Schnauze, so daß mit ruhender Kokille gegossen werden kann.

Die Zustellung bei dem Ofen war sauer; sie wird nach dem DRP. 423 715 unter Verwendung von Quarzit hergestellt. Versuche zur Herstellung von Tiegeln ohne

[1] O. Dörrenberg, u. N. Broglio, St. u. E. Bd. 50, S. 617.
[2] S. ETZ 1928, S. 1754.
[3] Wie Fußnote 2 und ETZ 1928, S. 621.
[4] S. Fußnote 1 und ETZ 1927, S. 1291.
[5] S. hierzu außer den in den Fußnoten 1 ... 3 erwähnten Berichten och folgende Stellen in der ETZ: a) ETZ 1925, S. 225; b) ETZ 1925, S. 1919; c) ETZ 1927, S. 950; d) ETZ 1927, S. 1291; e) ETZ 1928, S. 1548; f) ETZ 1928, S. 1855; g) ETZ 1929, S. 1667. — In den Arbeiten e) und f) sind bereits Öfen mit den nunmehr verwendeten verhältnismäßig niedrigen Frequenzen in der Gegend von 2000 Hz beschrieben.

Benutzung dieses Patentes sind geplant. Die Haltbarkeit des Tiegels ist von einer Reihe von Umständen abhängig. (Eine bestimmte Form z. B., die zwar eine Verringerung des Fassungsvermögens um 10 % und damit eine Steigerung des Stromverbrauchs um 5 ... 15 % brachte, soll die Lebensdauer des Tiegels auf das Doppelte erhöht haben.)

Abb. 2. Lageplan der Anlage.

Ein systematischer Vergleich verschiedener Tiegel ist nur unter Zugrundelegung des gleichen Schmelzgutes möglich. Da meist nicht ununterbrochen die gleiche Legierung geschmolzen werden kann, bis ein Tiegel zerstört ist, werden Reduktionskennzahlen eingeführt: Reiner Kohlenstoffstahl, mit rd. 1 % C, der den Tiegel am wenigsten angreift, erhält demnach die Verschleißzahl (VZ) 1, mittelleicht legierter und mittelweicher Kohlenstoffstahl die VZ 1,5, höher legierte Stähle die VZ 2 ... 3, schmelztechnisch ganz schwierige Stähle je nach Zusammensetzung und Schmelzführung VZ 4 ... 6. Die mit jedem Stahl wirklich erreichte Anzahl der Schmelzungen wird mit der zugehörigen VZ multipliziert, um auf die relative Anzahl der Schmelzungen zu kommen. Dieses Verfahren erscheint nicht unbedenklich, da der Fall denkbar wäre, daß ein Tiegel, der einer Legierung schlecht widersteht, einer anderen gegenüber sich unverhältnismäßig besser verhält. Zum Vergleich einer Reihe von Tiegeln, die nach dem gleichen Verfahren gebaut sind, dürfte sich dagegen die aus der VZ errechnete Anzahl der Schmelzungen sehr gut eignen.

Die Haltbarkeit der Tiegel wurde im Laufe der Zeit von 24 wirklichen (bzw. 55 relativen) auf 82 wirkliche (155 relative) Schmelzungen je Tiegel erhöht. Man hofft auf 90 wirkliche Schmelzungen Schnelldrehstahl zu kommen, wodurch der Tiegel eine ganze Woche halten würde (ein Auswechseln des Tiegels erfordert etwa 5 ... 8 Stunden). Zur Herstellung des Tiegels (Fritten) wird eine Einschmelzschablone eingesetzt, die induktiv erwärmt wird, Leistungsaufnahme hierbei niedrig: 10 ... 12 kW hochspannungseitig (um ein Werfen des Bleches zu verhindern), Stromverbrauch etwa 70 ... 90 kWh (niederspannungseitig).

Das Schmelzgut muß entweder aus sehr großen oder aus sehr kleinen Stücken bestehen, um möglichst hohe Wirbelstromdichte zu bekommen; der Energieverlauf während einer Schmelzung hängt von dem spezifischen Widerstand des Schmelzgutes bei den verschiedenen Temperaturen ab. Hochwolframhaltige Stähle mit niedrigem C-Gehalt machen, soweit bisher festgestellt, die Tiegelwand leitend, so daß durch den Tiegel das Feld abgeschirmt wird. Durch 2 oder 3 Schmelzungen hochkohlenstoffhaltigen Stahles kann die Tiegelwand „ausgewaschen" werden, so daß die frühere Leistungsaufnahme wieder erzielt wird (Abb. 3).

Zwecks Isolierung der Bedienung wurde zuerst nur mit Holzstangen gearbeitet; da hierdurch aber eine Aufkohlung des Bades hervorgerufen wurde, wurden alle mit der Schmelze in Berührung kommenden Werkzeuge aus Eisen gemacht und an den Griffen mit Isolierband, Ölleinen und Gummi geschützt. Die Bedienung arbeitet mit Holzschuhen und steht auf einer isolierenden keramischen Deckplatte, die gegen das Ofengestell noch besonders isoliert ist; diese Maßnahmen dienen zur Sicherheit für den Fall eines Tiegeldurchbruchs. Im gewöhnlichen Betrieb ist die Spannung im Bad ungefährlich.

Abb. 3. Abnahme der größtmöglichen Leistungsaufnahme infolge Abschirmung des Tiegels.

Der Stromverbrauch wird wesentlich von der Schmelzdauer beeinflußt. Zu Beginn des Betriebes wurde der Ofen häufig im Verlauf jeder Charge ausgeschaltet. Dadurch wurde (durch die intensive Wasserkühlung der Spule) der Stromverbrauch erheblich heraufgesetzt, wie aus den nachfolgenden Zahlen hervorgeht:

275 kg Schnelldrehstahl erforderten eine Schmelzungsdauer von 105 min, 960 kWh/t,

300 kg Schnelldrehstahl erforderten eine Schmelzungsdauer von 82 min, 720 kWh/t.

Als Mittelwert aus 800 Schmelzungen ergibt sich ein Umformerwirkungsgrad von 78 ... 80 % im Dauerbetrieb. Der Umformer läuft nicht immer vollbelastet; sein Leistungsfaktor schwankt, weswegen (s. Abb. 1) der Einbau von Kondensatoren auch auf der 380 V-Seite geplant ist. Durch geeignete Schmelzführung ist erreicht, daß während 0,75 % der Chargenzeit der Generator mit Vollast fährt: der Monatsdurchschnitt des Leistungsfaktors beträgt 0,89. Folgende Stromverbrauchszahlen seien mitgeteilt: Zum Einschmelzen (gerechnet bis zum Flüssigwerden, also ohne Feinen) sind bei einem Einsatzgewicht von 275 ... 315 kg 540 ... 650 kWh/t erforderlich (hochlegierter und unlegierter Stahl). Hierbei blieb im Ofen stets ein Sumpf von etwa 30 ... 50 kg, wenn eine größere Zahl Chargen des gleichen Stahls erzeugt wurde, um möglichst schnell auf volle Energieaufnahme zu kommen.

Der Stromverbrauch für das Feinen hängt wesentlich von dem Betriebsverfahren ab; Zusammenhänge zwischen Stromverbrauch und metallurgischen Vorgängen sind noch nicht geklärt. Für Schnellstahl sind heute Gesamt-Stromverbrauchswerte vom kalten Einsatz bis zum fertig vergossenen Stahl von 700 ... 760 kWh/t erreicht. Da der Abbrand mit 4 % gerechnet werden muß (3,1 % für gewöhnlichen Abbrand, 0,7 % für den verlorenen Sumpf beim Wechseln der Chargenreihen), ergeben sich als Stromverbrauch, bezogen auf den ausgebrachten Stahl, Werte von 720 ... 790 kWh/t.

Die Schmelzzeiten bei der endgültig gewählten Tiegelform liegen bei 85 min im günstigsten Fall und 92 min im Durchschnitt.

Derartige Öfen wurden bisher im Ausland (England und Amerika) fast ausschließlich zur Erzeugung von Tiegelstahl verwendet.

Die Betriebsführung unterscheidet sich von der im Gasofen erheblich durch die praktisch unbegrenzte Möglichkeit der Energiezufuhr im Hochfrequenzofen. Da die Wärmeübertragung beim Gasofen durch den Tiegel erfolgt, ist dessen Haltbarkeit beschränkt, und die Rücksicht hierauf ist mit ausschlaggebend für die Schmelzführung, wodurch der Betrieb des Gasofens erschwert wird. Dagegen sind Überhitzungen der Charge beim Hochfrequenzofen eher zu erwarten als beim Gasofen.

Die Baddurchwirbelung ist für manche Stahlarten äußerst erwünscht (namentlich für karbidhaltige

Stähle), da die Lösung fester Bestandteile durch die Bewegung der Schmelze sehr beschleunigt wird. Bei der Schmelzung niedriggekohlter höher schmelzender Stähle ist die Durchwirbelung nicht erwünscht; durch sorgfältige Betriebsführung kann ihr schädigender Einfluß beseitigt werden.

In der an den Bericht sich anschließenden Aussprache wurde erwähnt, daß eine weite Verbreitung des Hochfrequenzofens nur dann zu erwarten sei, wenn er zur Herstellung gewöhnlichen Elektrostahls dienen kann, also als Ersatz für Lichtbogenöfen in Frage kommt. Hierfür ist außer wirtschaftlichen Fragen, zu denen auch die Herabsetzung der Frequenz zählt (es wurde hierbei eine 100 kW-Anlage bei der Rheinischen Metallwaren- und Maschinenfabrik erwähnt, die z. Z. im Probebetrieb steht; 500 Hz, Ofenfassungsvermögen 250 ... 300 kg) der Betrieb mit basischem Tiegel größeren Fassungsvermögens wichtig, weiter die Möglichkeit, Schlackenarbeit auszuführen (bei dem Induktionsofen besteht die Gefahr, daß die nicht leitende Schlacke kälter bleibt). Nach Vorversuchen an der erwähnten Anlage ist zu erwarten, daß diese Schwierigkeiten überwunden werden.

Es wurde in der Aussprache von F. Pölzguter von einem Ofen größeren Fassungsvermögens berichtet, dessen Generator für 320 kW ausgelegt ist. Die Periodenzahl ist leider nicht angegeben Der Ofen wurde zunächst mit höchstens 220 kW betrieben, da die Kondensatorenanlage noch nicht arbeitete. Es wurden Schmelzzeiten von 80 ... 90 min für Chargen von 600 kg erreicht. Der Stromverbrauch ist z. Z. noch 790 ... 950 kWh/t Ausbringen; dieser Wert wird sich noch ermäßigen, wenn der Generator voll belastet werden kann; das Werk glaubt in Verbindung mit der Wärmeersparnis durch Luft- (statt Wasser-) Kühlung für die Spule auf einen Stromverbrauch von 500 ... 600 kWh/t zu kommen. Die Tiegel in diesem Ofen werden nicht nach dem erwähnten Patent hergestellt, sondern im Ofen selbst gestampft; die Auswechslungsdauer ist dabei 12 ... 14 h, die Tiegelhaltbarkeit, unabhängig von der Stahlqualität, etwa 40 Schmelzungen. Besonders hervorgehoben wird die einfache Beschickungsweise: das Beschicken erfolgt im Gegensatz zum Lichtbogenofen von oben; man kann dazu den gewöhnlichen Stahlwerkskran verwenden und selbst große Einheiten in 3 ... 5 min beschicken.

Infolge der kürzeren Schmelzzeiten hat ein Hochfrequenzofen gleichen Fassungsvermögens wie ein Lichtbogenofen erheblich größere Erzeugungsmöglichkeit, worauf bei Vergleichen Rücksicht genommen werden muß. Zum Schluß wird noch von zwei ausländischen Hochfrequenzofen-Anlagen berichtet, deren eine bei einem Fassungsvermögen von 1 ... 1,25 t einen mittleren Stromverbrauch von 690 kWh/t erzielt, trotzdem sie nur in einer Schicht betrieben wird und diese Zahl auch die Stillstandsverluste umfaßte; Tiegellebensdauer etwa 20 Schmelzen. Ein zweiter erheblich kleinerer Ofen erreicht 570 kWh/t bei 58 min Schmelzzeit. Die Haltbarkeit des (sauren) Tiegels beträgt nur 25 Schmelzen.

Es werden dann eine Reihe von Zahlen über Tiegelhaltbarkeit gegeben, die nachstehend noch erwähnt sein sollen:

England: Sauerer Tiegel nach dem erwähnten DRP., 100 ... 120 Schmelzen/Tiegel.
Hirsch-Kupfer: Tiegel? Reinnickel 60 ... 80 Schmelzen/Tiegel.
Amerika: Tiegel aus geschmolzener Magnesia; rostfreier weicher Stahl 200 Schmelzen/Tiegel; nach je 10 Schmelzen wird der Tiegel geflickt.
Amerika: Tiegel aus geschmolzener Magnesia; Chromnickellegierungen 400 Schmelzen/Tiegel.

Auffallend ist, daß bei allen Angaben die Stromverbrauchswerte verhältnismäßig wenig voneinander abweichen, während die Mitteilungen über Tiegelhaltbarkeit so weit voneinander verschieden sind, daß eine Klärung der Ursachen sowie eine genaue Bezeichnung der Betriebsbedingungen unerläßlich sind, wenn ein Vergleich gezogen werden soll. *Pk.*

RUNDSCHAU.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

Weitere Entwicklung auf dem Gebiete der Netzschutz-Einrichtungen. — Nach einleitenden Bemerkungen über die Probleme des Netzschutzes, vor allem des Selektivschutzes in Drehstrom-Hochspannungsnetzen besprechen T. W. Roß und H. G. Bell die z. Z. in England angewendeten Methoden. Bezüglich Beherrschung des Erdschlusses (Petersen-Spule), der Verwendung von unabhängigen und abhängigen Zeitrelais in Verbindung mit Energie-Richtungsrelais ergibt sich für uns nichts Neues. Auch die beschriebenen (unabhängigen und abhängigen) Impedanzrelais halten sich im Rahmen des auch bei uns Bekannten. Die in den Abbildungen gegebenen Konstruktionen zeigen eine enge Anlehnung an Westinghouse-Relais. Interessant ist eine Methode zur Kompensierung des Lichtbogenwiderstandes, ein Problem, das für den Impedanzschutz von ausschlaggebender Bedeutung ist. Das Diagramm in Abb. 1 zeigt stark ausgezogen das normale Spannungsabfalldiagramm; danach beträgt die normale Relaisspannung 859 V. Tritt nun ein Kurzschluß unter Lichtbogenbildung ein, so vergrößert sich plötzlich der Ohmsche Spannungsabfall sehr stark (im Diagramm mit 570 V angegeben), und die Relaisspannung wird weit nach links gedreht und steigt auf 1226 V. In der beschriebenen Methode wird nun eine Ohmsche Korrekturspannung eingeführt, die bewirken soll, daß der Vektor der Relaisspannung nur noch innerhalb der gestrichelten Grenzen veränderlich ist, also gewissermaßen nur eine Pendelung um die Mittellage der Leitungsreaktanz ausführen kann. Die Mittel, durch die das erreicht wird, zeigt Abb. 2. In Serie mit den Stromwandlern liegen Ohmsche Widerstände; die Spannungswandler sind ebenfalls über diese Widerstände geführt, u. zw. so, daß der durch die Stromwandler erzeugte Spannungsabfall im Kreise der Spannungswandler als Ohmsche Gegenkomponente wirken muß. In gewissen Grenzen erreicht man dadurch eine Angleichung der resultierenden Ohmschen Spannungskomponente im Relais an die Lichtbogencharakteristik (steigender Strom ~ fallende Spannung). Die Verfasser geben als maximale Lichtbogenspannung bei Freileitungen 3 % und bei Kabeln 1 % der Betriebspannung an.

a Spannungskorrektur
b max. Spannung am Bogen
c ohmsche Spannung } der
d Reaktanzspannung } Leitung

Abb. 1. Diagramm zur Kompensierung des Lichtbogenwiderstandes (Freileitung).

a Korrekturwiderstände
b Drosseln
c Relais

Abb. 2. Schaltung zur Kompensierung des Lichtbogenwiderstandes.

Im großen und ganzen scheint man in England dem Netzschutz durch örtlich getrennte, voneinander nicht direkt abhängende Relaiskombinationen nicht allzu viel zuzutrauen. Die Entwicklung geht mehr auf einen Netzschutz hinaus, der, aufgebaut auf dem Differentialprinzip, voneinander unmittelbar abhängige, durch besondere Meßdrähte verbundene Relaiskombinationen verwendet. Die Verfasser beschreiben eine Reihe solcher Differential-Schutzeinrichtungen. Die einfachste Methode ist die Anwendung des Merz-Priceschen Generatorschutzes auf Leitungen. Durch entsprechend konstruierte Stromwandler (Ringkern mit 8 Luftspalten zur Erreichung gleicher Charakteristiken) werden die Ströme am Anfang und Ende der zu schützenden Leitung durch Ferraris-Relais miteinander verglichen. Im Kurzschlußfalle wird das Gleichgewicht dieser Ströme gestört, der durch die Meßadern fließende Ausgleichstrom verursacht das Ansprechen der Relais. Diese Art des Differentialschutzes hat verschiedene Mängel, von denen der schwerwiegendste in der unvermeidbaren Verschiedenheit der Wandlercharakteristiken zu erblicken ist. Auch scheinen Störungen infolge Induzierung der Meßleitungen wie auch durch Vorhandensein höherer Harmonischer verursacht worden zu sein. Um diesen Mängeln zu begegnen, hat man das Merz-Pricesche Prinzip entsprechend abgewandelt. Abb. 3 zeigt das Beispiel einer solchen Schaltung. Die drei Stromwandler am

Anfang und Ende der Leitung werden in einem nicht uninteressanten Summentransformator zusammengefaßt. Dieser Summentransformator hat die Eigenschaft, Erd- und Kurzschlußströme in einer Größe erscheinen zu lassen, die erlaubt, beide Arten Fehler durch dasselbe Relais überwachen zu lassen. Die Sekundärwicklungen dieser Summentransformatoren sind beiderseits hintereinander geschaltet, so daß durch die beiden unteren Meßadern ein Dauerstrom fließt. Im Zuge der dritten (oberen) Ader liegen die frequenzabhängigen Betätigungsrelais. Diese dritte Ader ist über kleine Hilfswandler an Punkte gleichen Potentials der Summentransformatoren geführt; es fließt normalerweise kein Strom. Erst im Störungsfalle tritt eine Verschiebung dieser Punkte gleichen Potentials auf, so daß ein Ausgleichstrom über Betätigungsrelais und mittlere Ader zustande kommt. Hier ist man in weitgehendem Maße unabhängig von Wandlercharakteristiken und braucht auch induzierte Ströme nicht besonders zu fürchten. Gegen Frequenzen höherer Ordnung sichern die frequenzabhängigen Betätigungsrelais.

a Stromwandler
b Wechselstrom-Richtungs-Relais
c unverzögertes Überstromrelais
d Summentransformator
e Gleichrichter
f Drossel
g Gleichstomrelais
h Hilfsdraht

Abb. 3. Schaltung einer Station eines Differentialschutzes.

Eine grundsätzlich andere Lösung besteht in folgender Einrichtung, die zunächst nur auf einseitig gespeiste Leitungen anwendbar ist. Tritt eine Störung ein, so laufen alle von der Störungsstelle rückwärts liegenden Maximalrelais (unabhängige Relais) an derart, daß zunächst durch Momentankontakt über 2 Fernadern durch Gleichstrom der Auslösekreis des jeweils zurückliegenden Ölschalters blockiert wird. Im weiteren Verlauf wird jedes Maximalrelais den eigenen Auslösekreis schließen, was aber nur bei dem der Störungsstelle am nächsten liegenden Schalter zum Erfolg führt, weil jeweils jeder zurückliegende Schalter durch den vorhergehenden über die Fernader blockiert wurde. Die Weiterbildung zum Selektivschutz führt zu einer Schaltung nach Abb 4. Die Kontakte der Überstrom- und Richtungsrelais sind in Reihe geschaltet, so daß der örtliche Gleichstromkreis erst durch Ansprechen beider Relais geschlossen werden kann. Liegt also der Fehlerort außerhalb des zu schützenden Leiterstückes, so schließen zwar beide Maximalrelais, jedoch sprechen die Richtungsrelais nicht an. Liegt der Fehler anderseits innerhalb der zu schützenden Strecke, so spricht ein Richtungsrelais an und ermöglicht dadurch einen Ausgleichstrom über Meßdraht und Erde. Der Gleichstrom läßt die Betätigungsrelais ansprechen. Die Drosselspulen dienen lediglich als Sperre gegen etwa induzierte Ströme. Gewisse Schwierigkeiten bestehen in der Erhaltung stets gleicher Batteriespannung. Um diesen Mangel zu beheben, wurde die in Abb. 5 gegebene Schaltung durchgebildet. Die Schaltung ist ohne weiteres nach dem Vorhergegangenen verständlich. Anstatt mit besonderem Batteriestrom wird mit Wechselstrom unter Verwendung von Kupferoxyd-Gleichrichtern gearbeitet. Um den Kreis des Ausgleichstromes zu verfolgen, beachte man, daß ein Kontakt des Maximalrelais ebenfalls an Erde liegt. — Die Arbeit schließt mit einem nichts Neues bietenden Sammelschienenschutz für parallele gleichartige Speiseleitungen, der ebenfalls auf dem Differentialsystem beruht. (T. W. Ross u. H. G. Bell, J. Inst. El. Engs. London Bd. 68, S. 801.) *M. Schl.*

a Kontakte des Überstromrelais
b Kontakte des Wechselstrom-Richtungs-Relais
c Drossel
d Gleichstromrelais
e Hilfsleitung
f zum Betätigungskreis

Abb. 4. Selektivschutz-Schaltung.

a Betätigungskreis
b Summentransformator
c abgestimmtes Relais
d Hilfsleitung.

Abb. 5. Selektivschutz, der mit gleichgerichtetem Wechselstrom arbeitet.

Vereinheitlichung der Stromfrequenz im Pariser Gebiet. — Als im Jahre 1919 die Normalfrequenz von 50 Hz durch einen Ministerialerlaß gesetzlich vorgeschrieben wurde, erfolgte die Stromversorgung des Pariser Gebiets (innere Stadt und nähere Umgebung) mit folgenden Frequenzen:

37,7 % des Gesamtverbrauchs zu 41⅔ Hz (Zweiphasennetz der C. P. D. E. für die innere Stadt, Société Nord-Est für das nordöstliche Vorortgebiet),
34,7 % des Gesamtverbrauchs zu 25 Hz (Soc. d'Electricité de Paris und Soc. Triphasé),
17,6 % des Gesamtverbrauchs zu 50 Hz (Soc. Est-Lumière im östlichen Vorortgebiet),
10,0 % des Gesamtverbrauchs zu 53⅓ Hz (Soc. Ouest-Lumière im westlichen Vorortgebiet).

Die zur Umformung der bestehenden Erzeugungs- und Verbraucheranlagen notwendigen Arbeiten dauerten für das Vorortgebiet vom Jahre 1920 bis Mitte 1927 und für die innere Stadt vom Jahre 1926 bis Ende 1930. Die wichtigsten Änderungen in den bestehenden Kraft- und Unterwerken waren die folgenden: Ersetzung der 12 500 kVA-Turbosätze des Großkraftwerks Saint-Ouen der C.P.D.E.[1] durch 15 000 kVA-Turbosätze von 3000 U/min und 50 Hz, die in der Zwischenperiode mit 2500 U/min betrieben wurden; Ersetzung der Motorgeneratoren und Einankerumformer in den einige Gleichstromnetze der inneren Stadt speisenden Unterwerken. Bei den Abnehmern konnten in den meisten Fällen die Zweiphasenmotoren unveränderlich bleiben, nur war die mechanische Kraftübertragung (Riemenscheiben, Zahnradvorgelege usw.) der neuen, um 20 % höheren Geschwindigkeit des Motors anzupassen. Für die zahlreichen Personenaufzüge war es in den meisten Fällen unerläßlich, ebenfalls die Motoren wie die Relais und Bremsen auszuwechseln. Die Anzahl der einzeln zu behandelnden Antriebe betrug in der inneren Stadt 46 000, im Vorortgebiet 31 000, wobei die durchschnittliche Leistung eines Motors 2,2 kW bzw. 5 kW betrug. Die Gesamtausgaben der Frequenzvereinheitlichung belaufen sich für die Stadt auf 70 Mill Fr (11,5 Mill RM) und auf 25 Mill Fr (4,1 Mill RM) für das Vorortgebiet. Die hohen Ausgaben für die Stadt wurden durch die Ersetzung der Turbosätze verursacht, während die neuen Großkraftwerke, die hauptsächlich das Vorortgebiet speisen, schon größtenteils mit 50 Hz entworfen wurden. Man ist der Meinung, daß die Gesamtausgabe von rd. 100 Mill Fr doch kleiner ist als diejenige, die für den Ausbau von besonderen Kupplungswerken mit Frequenzwandlern notwendig wäre, da man für diese letzteren etwa 1500 Fr/kW rechnen müßte. Nach der erfolgten Vereinheitlichung der Stromfrequenz im Pariser Gebiet bleibt in Frankreich, was die öffentliche Stromversorgung anbelangt, nur noch das Netz der Energie du Littoral (Marseille) mit 25 Hz bestehen[2]. *ak.*

[1] Vgl. ETZ 1928, S. 1821.
[2] Vgl. ETZ 1930, S. 1655.

Leitungen.

Einige Gesichtspunkte zur Bemessung der Baulänge von Kettenisolatoren. — Für bestimmte Sonderfälle, in denen es auf Schwierigkeiten stößt, die Isolationsketten zur Erhöhung der Überschlagsicherheit durch weitere Glieder zu verlängern, weil dann die Abstände der Hochspannung führenden Leiter bereits bestehender Leitungen gegen benachbarte Mastteile oder gegeneinander zum Ausschwingen infolge atmosphärischer oder elektrodynamischer Ursachen zu gering werden, und in den Fällen, wo das Hinzufügen weiterer gleichartiger Kettenglieder noch nicht lohnt, ist vorgeschlagen worden, die Baulänge der Ketten durch Verlängerung der Verbindungsteile zwischen den einzelnen Gliedern zu vergrößern. Dies kann bei Schlingen- (Hewlett-)Isolatoren[1] durch Verwendung anormal langer Seilschlingen und bei Kappenisolatoren[2] unter Verlängerung der Klöppel z. B. durch Einfügen entsprechend geformter metallischer Zwischenstücke geschehen. Naumann hat den Einfluß der Baulänge der Einzelglieder auf die Trocken- und Regenüberschlagspannung 2 ... 10gliedriger Ketten aus Kappenisolatoren der vom VDE genormten Größe K 3 von 280 mm Tellerdurchmesser untersucht, deren normale Baulänge 170 mm beträgt. Bis zu einer Baulänge von 255 mm war gemäß Abb. 6 eine Erhöhung der Überschlagspannungen

a trocken
b bei Regen von 3 mm/min, 100 μ 8cm^{-1}

Abb. 6. Einfluß der Baulänge der Einzelglieder auf die Trocken- und Regen-Überschlagspannung einer 2- bis 10-gliedrigen Kette aus Kappenisolatoren der Größe K 3 von 280 mm Teller-Dmr. (B/D = Baulänge : Teller-Dmr.)

mit Verlängerung der Klöppel festzustellen, so daß z. B. eine 6gliedrige Kette aus Isolatoren mit 205 mm Baulänge annähernd dieselben Überschlagwerte wie eine 7gliedrige Kette aus Normalisolatoren K 3 mit 170 mm Baulänge ergibt. Allerdings überschreitet dabei die Gesamtbaulänge der 6gliedrigen Kette die der 7gliedrigen aus Normalisolatoren bereits um 40 mm. Man wird sich daher in der Praxis im allgemeinen wohl auf eine noch mäßigere Vergrößerung der Baulänge der Einzelglieder (etwa 185 mm) beschränken, wenn es nicht vorzuziehen ist, die Gliedzahl der Kette zu vermehren. Aber auch mit Rücksicht darauf, daß bei Überschlägen der Funke oder Lichtbogen von vornherein neben der Kette, von deren Aufhängepunkt bis zur Leitungsklemme, frei durch die Luft erfolgen soll und sog. kaskadenförmige Entladungen von Glied zu Glied unerwünscht sind, erscheint es nicht angebracht, die Baulänge der Einzelglieder einer Kappenisolatorenkette über ein gewisses Maß hinaus zu steigern, weil, wie die Versuche ergeben haben, gerade dadurch die Neigung zu dieser unerwünschten Entladungsform sehr stark begünstigt wird.

Eine Verkürzung der bei den neuzeitlichen Isolatoren vorgesehenen Baulängen, um etwa ein zur Vermeidung kaskadenförmiger Entladungen als günstig erkanntes besonders niedriges Verhältnis der Baulänge zum Tellerdurchmesser einzuhalten, erscheint anderseits ebenfalls nicht zweckmäßig. Die an Hängisolatoren zu stellende Forderung hoher mechanischer Festigkeit bedingt kräftige und verhältnismäßig hohe Köpfe, und es ist auch nicht angängig, die aus den Isolatoren herausragenden Klöppelenden beliebig zu verkürzen, wenn das Ineinanderhängen der Einzelglieder zu Ketten noch möglich werden soll. In elektrischer Hinsicht verhalten sich gerade sehr eng zusammengedrängte Isolatorenketten besonders unter Regen ungünstig, weil der in diesem Fall auf die Tellerunterseiten zurückspritzende Regen diese stark benetzt und die Überschlagsbedingungen verschlechtert. Zweifellos stellen die vom VDE in Deutschland genormten Kappenisolatoren hinsichtlich ihrer Baulängen und Tellerdurchmesser, von diesen Gesichtspunkten aus betrachtet, die zweckmäßigsten Ausführungsformen dar.

Die Gefahr der Entladungen über die Isolatorenketten kann durch zweckentsprechend geformte und eingestellte Schutzarmaturen bekämpft werden, die eine Gewähr dafür bieten, daß der entstandene Lichtbogen rasch und sicher aus einer die Isolatoren gefährdenden Nachbarschaft fortgeleitet wird. Die Versuche haben ergeben, daß auch bei Anwendung derartiger Schutzarmaturen an Hängeketten aus Kappenisolatoren eine mäßige Vergrößerung der Baulänge der Einzelglieder bei im übrigen genormter Ausführung ebenfalls eine Erhöhung der Überschlagwerte bedingt. Diese liegt je nach der Gliederzahl der Ketten und der vorgenommenen Klöppelverlängerung unter Regen bei Normalfrequenz etwa zwischen 3 und 25 % und ist für Ketten geringerer Gliederzahl verhältnismäßig größer als für solche mit vielen Gliedern. Für Abspannzwecke sind Isolatoren, die infolge einer weit über das Normalmaß hinausgehenden Baulänge ihrer Einzelglieder besonders stark zu Teilentladungen neigen, nicht am Platze. Hier wird man zweckmäßig immer die Erhöhung der Überschlagsicherheit durch eine Gliederzahl herbeizuführen suchen, die größer ist als die der Hängeketten. (O. Naumann, Mitt. Hermsd. Schomb. 1930, H. 52, S. 1655.) *Sb.*

[1] G. Viel, Rev. Gén. de l'El. Bd. 24, S. 945 (1928).
[2] F. Niethammer u. R. Nitsche, El. u. Maschinenb. Bd. 46, S. 449 (1928).

Elektromaschinenbau.

Regeltransformatoren. — Konstruktive Gesichtspunkte, die Rücksicht auf wirtschaftliche Notwendigkeiten, auf Raumbedarf und betriebsmäßige Anforderungen haben das

Abb. 7. Schaltstücke in Rollenform nach 5000 Ein- und Ausschaltungen mit 300 A.

Sachsenwerk veranlaßt, die Schaltwerke für Regeltransformatoren je nach der Transformatorenleistung auszuführen. Für kleine Leistungen (etwa 1500 oder 2000 kVA)

Abb. 8. Widerstands-Rollenschalter für Regeltransformatoren kleiner Leistung.

wird die Widerstandschaltung in Luft gewählt. Bei größeren Leistungen ist die Widerstandschaltung unter Öl entwickelt worden, während für besondere Zwecke, große

Leistungen und vor allem große Schaltströme die Spannungsteiler-Schaltung unter Öl ausgebaut wurde.

Allen diesen Schaltern gemeinsam ist die Ausbildung der Funkenkontakte, die aus verchromten Hartkupferrollen bestehen und sehr große Lebensdauer besitzen. Abb. 7 zeigt zwei Kontaktrollen, die 300 A induktive Last 5000 mal ein- und ausgeschaltet haben. Ihre zylindrische Mantelfläche ist zwar vollständig zernarbt, jedoch noch vollkommen rund und lediglich um einige zehntel Millimeter im Durchmesser verkleinert. Die überraschend hohe Kurzschlußfestigkeit dieser Rollen (die Grenze liegt bei etwa 10 000 A Stoßstrom) und ihre sichere Kontaktgabe infolge des hohen Anpressungsdruckes befähigen sie, ohne Parallelschaltung besonderer Hauptkontakte bei kleinen Leistungen nicht nur als Funkenkontakt zu wirken, sondern auch den Betriebstrom zu führen. Die so entwickelten Schalter zeichnen sich durch sehr einfachen Aufbau aus. Abb. 8 zeigt eine Ausführung auf Fahrgestell für Anzapftransformatoren mit nur 3 Anzapfungen. Dasselbe Prinzip wird bis zu 5 Anzapfungen und auch mit Umschaltung der Zusatzspule ausgeführt.

Bei Schaltwerken für Regeltransformatoren größerer Leistung ist das Wählen der Stufen bzw. die Lastumschaltung getrennten Teilen zugewiesen. Die stromlos schaltenden Stufenwähler arbeiten mit Bürstenkontakten. Der Lastumschalter ist als Springschalter nach Abb. 9 ausgebildet, dessen Funkenzieher die bereits beschriebene Rollenform besitzen. Der Lastumschalter wird wie in Abb. 10 meist unmittelbar auf dem Transformator aufgebaut. Bei Einbau des Stufenwählers in den Transformatorkessel wird das Öl seiner Umgebung an der Wärmezirkulation des Transformatorenöles verhindert.

Abb. 9. Widerstands-Springschalter für die Lastumschaltung.

Schaltwerke für besonders große Schaltleistungen werden nach dem Prinzip des Spannungsteilers ausgeführt, der im Überschaltzustand halbseitig als Drosselspule wirkt und so ausgelegt ist, daß er auch in einer solchen Zwischenstellung dauernd betrieben werden kann. Damit erübrigt sich die bei der Widerstandsschaltung notwendige kraftschlüssige Lastumschaltung und der Antrieb wird einfach. Wiederum sind als Funkenkontakte verchromte Kupferrollen verwendet, während für den sonstigen Aufbau die Grundsätze des modernen Ölschalterbaues Anwendung fanden. Auch bei diesem Schaltprinzip kann man je nach dem Schaltstrom den Stufenwähler gleichzeitig als Lastschalter verwenden oder die Schaltung getrennten Teilen zuweisen.

Ein Aufsatz der Sachsenwerk-Mitteilungen zeigt Ausführungsbeispiele für Regeltransformatoren bis zu 15 000 kVA Eigen- bzw. Durchgangsleistung und schließt mit dem Hinweis auf besondere Anwendungsgebiete von Regeltransformatoren, mit deren Hilfe ja auch Spannungsänderungen quer zur Bezugsweise unter einem bestimmten Winkel vorgenommen werden können. Beträgt dieser Winkel 60 °, so wird der Maschinensatz für kombinierte Längs- und Querregelung besonders einfach, da nur ein einziger Transformatorkern erforderlich ist. (E. Hayn u. A. L. Müller, Sachsenwerk-Mitt. 1931, H. 2, S. 67.) *Sa.*

Abb. 10. Einphasen-Regeltransformator für 5000 kVA, 33 000 ± 5 × 2 %/6600 Volt, Außenaufstellung, mit eingebauten Stufenwählern und aufgebautem Widerstands-Springschalter, Antrieb für Hand- und Fernbetätigung.

Apparate.

Die Beanspruchung des Ölschalters im Abschaltvorgang. — Es ist anzustreben, auch den verwickelten Abschaltvorgang im Ölschalter auf einige wenige spezifische Werte zurückzuführen. Maßgebend für die Beanspruchung ist die Schalterarbeit sowohl in ihrem zeitlichen Verlauf als auch in ihrem absoluten Betrag. Sie wird ausgedrückt durch das Produkt aus Strom, Lichtbogenspannung und Lichtbogendauer. Die letztere darf keinesfalls größer werden als die Zeit, die die Schaltstücke zum Zurücklegen des Ausschaltweges benötigen. Sie ist mit dem Verlauf der Zündspannungsspitzen bei Nulldurchgang des Stromes aufs engste verknüpft und ist abhängig von der Größe der beanspruchenden Spannung, dem cos φ des Stromkreises, dem zeitlichen Spannungsanstieg beim Stromnullwert, der Frequenz des Stromkreises, der konstruktiv bedingten Charakteristik des Schalters. Für letztere sind besonders maßgebend: Schaltgeschwindigkeit, Ölhöhe und -druck, Material und Form der Kontakte, Unterstützung der Eigenblasung des Lichtbogens.

An Hand von amerikanischen Versuchen wird von A. L. Müller die Eigenblasung bei Ölschaltern der Topf- und Kastentypen nachgerechnet. Die resultierende Blaskraft setzt sich aus mehreren Einzelkräften zusammen. Es wird deutlich, daß es bei offener Unterbrechung vor allem darauf ankommt, den Lichtbogen möglichst nahe am Knie der Strombahn zu erzeugen. Nachrechnung und Versuche ergeben eine bedeutende Überlegenheit der Kastentype, die sich in kürzerer Lichtbogendauer auswirkt. Diese Überlegenheit drückt sich zahlenmäßig so aus, daß mit Hilfe der folgenden Erkenntnisse eine Berechnung möglich wird. Die Lichtbogendauer wird bestimmt durch den zeitlichen Anstieg der Zündspannung. Diese folgt stark angenähert der Beziehung $u_z = a + b\,t^2$. Die Auswertung dieses Gesetzes ergibt experimentell bestätigte Zusammenhänge zwi-

schen Lichtbogendauer und cos φ, der sich als bequemes Maß zur Klärung dieser Zusammenhänge erweist.

Der zeitliche Verlauf der effektiven Lichtbogenspannung ist dargestellt durch die Gleichung $u_b = u_a + p\,t$ (u_a Anfangspannung, Mindestspannung). Die zeitlichen Gradienten der Lichtbogenspannungen in ihrem Zündspitzen- und ihrem Effektivwert sind Funktionen des Unterbrechungsstromes und lassen sich durch folgende Beziehungen ausdrücken, die aus Literaturangaben und Versuchsergebnissen des Sachsenwerkes abgeleitet werden:

$$b = k_1 + \frac{k_2}{i^2} + k_3\, i^2 \text{ bzw. } p = c_1 + \frac{c_2}{i} + c_3\, i^2.$$

Daraus ergibt sich die Schalterarbeit zu $A = \frac{i}{2}\frac{p}{b}(u_0 - a)$, wobei u_0 die Spannung bei Nulldurchgang des Stromes bedeutet. Dieser Ausdruck liefert eine Sattelkurve, die durch die Gegenläufigkeit von p und b zustandekommt und (bei konstanter Spannung) die Schalterarbeit in Abhängigkeit von der unterbrochenen Scheinleistung angibt.

Die Druckbeanspruchung bei Einsetzen des Lichtbogens, nach Erlöschen des Lichtbogens, beim Anprall des Ölkolbens am Schalterdeckel und bei sekundären Explosionen wird in ihren absoluten Werten und in ihrem zeitlichen Verlauf untersucht. Die erste Beanspruchung wird als harmlos erkannt, die zweite höher errechnet als neuere Untersuchungen rechtfertigen. Die dritte Beanspruchung bedingt sorgfältige Bemessung des Luftpolsters und Vorsicht beim Anbringen der Auspufföffnungen. Die letztere kann Drücke bis 25 atü ergeben. (A. L. Müller, Arch. El. Bd. 24, H. 4 u. 5, S. 503 u. 635.)

Meßgeräte und Meßverfahren.

Elektrostatischer Spannungsmesser. — Bei den im Elektrotechnischen Institut der Bergakademie Freiberg laufenden Versuchen über elektrische Gasreinigung erwies sich das Messen hoher Gleichspannungen von 30 ... 50 kV mit Kugelfunkenstrecken als unzweckmäßig, da bei dem jedesmaligen Ansprechen der Meßfunkenstrecke der elektrische Zustand der Versuchsapparatur verändert wurde. Auf Anregung des Institutleiters, Prof. Dr. Brion, wurde daher ein elektrostatischer Spannungsmesser entwickelt, der mit wenig Mitteln in der Institutswerkstatt gebaut werden konnte und sich zu Messungen von Gleich- und Wechselspannungen bis 80 kV gut bewährt hat. Im Prinzip beruht das neue Instrument auf der Anwendung der Coulombschen Drehwaage zur Spannungsmessung. Wie aus Abb. 11 ersichtlich, hat das Instrument direkte Zeigerablesung und ist mit großem Zeiger und großer Skala ausgestattet, so daß die Ablesung auch aus größerer Entfernung erfolgen kann. — Um elektrostatische Spannungsmesser nach diesem Prinzip auch für andere Meßbereiche auslegen zu können, ist eine angenäherte Berechnungsmethode für das erreichbare Drehmoment angegeben worden, die auf der Näherungsformel von Russell zur Berechnung der Kraftwirkung zwischen zwei aufgeladenen Kugeln gebaut ist. Zum Schluß werden einige Winke für die praktische Ausführung des Instrumentes gegeben. (O. Zdralek, Arch. El. Bd. 24, H. 3, S. 305.)

Abb. 11. Äußere Ansicht des 50 kV-Elektrometers (etwa 1/20 nat. Größe).

Graphische Untersuchung der erzwungenen Koppelschwingungen eines elektromechanischen Systems. — Angeregt durch die schwingungstheoretische Untersuchung einer dynamischen Materialprüfmaschine für Zug-Druck-Schwingungsbeanspruchung bei einer Lastwechselfrequenz von 500 Hz wird von E. Lehr ein graphisch-numerisches Verfahren zur Berechnung der Amplituden- und Phasenkurven bei erzwungenen Schwingungen von gedämpften Koppelsystemen entwickelt. An Hand des Koppelsystems der vorliegenden Maschine, dessen einer Kreis ein mechanisches Schwingungsgebilde und dessen zweiter Kreis ein elektromagnetischer Schwingungskreis ist, wird das für jedes beliebige Koppelsystem anwendbare Verfahren in seiner Anwendung gezeigt. Nach Aufstellung und Diskussion der Schwingungsgleichungen werden diese durch Einführung von unbenannten Verhältniswerten für Dämpfung, Kopplung, Abstimmung ε beider Kreise aufeinander und „Resonanzgrad" λ (d. h. Abstimmung des mechanischen Kreises auf die Erregerfrequenz) auf eine übersichtliche, allgemeingültige „Normalform" gebracht. An Hand derselben wird das Vektordiagramm des Systems entworfen, dessen geometrische Beziehungen die Grundlagen für das in Abb. 12 für einen besonderen Anwendungsfall gezeichnete Diagramm der zeichnerischen Lösung bilden. Dieses ist im wesentlichen ein Kreisdiagramm, dem speziell im Verhältnis $(1-\lambda^2)/\lambda$ geteilte Maßstäbe eingegliedert sind. Aus dem Diagramm werden die Phasenwinkel unmittelbar abgegriffen, während die Amplituden des primären und sekundären Systems durch reziproke Strecken dargestellt sind. Das Diagramm ist sowohl für den Fall der Gleichstimmung beider Kreise ($\varepsilon = 1$) als auch für den Fall beliebiger Verstimmung ($\varepsilon \neq 1$) anwendbar. Eine geringe Änderung ermöglicht die Untersuchung des Grenzfalls, daß der elektromagnetische Kreis durch Wegfall der Kapazität aperiodisch wird. Das Verfahren gestattet, ohne größere Zahlenrechnungen in kurzer Zeit ganze Kurvenscharen für beliebige Verhältnisse aufzuzeichnen. Die Genauigkeit kann bequem auf 1 % gesteigert werden. Vernachlässigungen sind auch in verwickelten Fällen nicht erforderlich. Als Sonderfall wird die bei dem vorliegenden Koppelsystem gegebene Möglichkeit untersucht, die Amplitude des schwach gedämpften mechanischen Kreises auf etwa ± 1 % genau über einen weiten Frequenzbereich konstant zu halten, während die Erregerfrequenz um den Resonanzpunkt ($\lambda = 1$) z. B. um

Abb. 12. Nomogramm zur zeichnerischen Lösung der erzwungenen Koppelschwingungen des elektromechanischen Schwingungssystems.

Abb. 13. Amplitudenkurven des mechanischen Schwingungssystems.

± 5 % pendelt. Die in Abb. 13 dargestellte Schar der Amplitudenkurven des mechanischen Kreises zeigt, daß die gewünschten Verhältnisse („Trapezform" der Amplitudenkurve) dann eintreten, wenn bei gegebener Kopplung und Primärdämpfung die Sekundärdämpfung einen bestimmten „kritischen" Wert erreicht. An Hand weiterer Kurvenscharen, die für andere Kopplungen und Primärdämpfungen aufgezeichnet werden, wird gefolgert, daß die „Trapezform" stets für denselben Verhältniswert

$$\frac{\text{Kopplung}}{\text{Primärdämpfung} \cdot \text{Sekundärdämpfung}}$$

erreicht wird, einerlei welche Zahlenwerte diese Größen im einzelnen annehmen. (E. Lehr, Arch. El. Bd. 24, H. 3, S. 330.)

Bahnen und Fahrzeuge.

Elektrisierung der Linie Genua—Spezia. — Der Grund zur Elektrisierung lag in dem immer schwieriger sich gestaltenden Betrieb infolge zunehmender Frequenz, ferner in der großen Anzahl vorhandener Tunnel, welche das Reisen besonders im Sommer sehr beschwerlich machten. Durch die Elektrisierung wurde ein bedeutend dichterer Fahrplan geschaffen (insbesondere Erhöhung der Anzahl der Lokalzüge), welcher namentlich den Arbeitern und Angestellten ermöglichte, außerhalb der großen unter Wohnungsnot leidenden Bevölkerungszentren sich anzusiedeln.

Die eingleisige Strecke, Abb. 14, weist 34 Tunnel von zusammen 27,046 km auf; ebenso enthält die doppelgleisige Strecke 56 Tunnel. Die Linie verläuft teilweise unmittelbar am Meeresufer, was eine besondere Wartung des Bahnkörpers und der Fahrleitungsanlage bedingt. Mit dem noch vorgesehenen Ausbau der eingleisigen Strecke auf eine zweigleisige ist eine teilweise Versetzung der Bahnlinie in Aussicht genommen, wobei die Sicherheit der Betriebsführung noch erhöht werden soll.

Die Elektrisierung bedingte den Bau der 60 kV-Speiseleitung Busalla—Sestri—Spezia mit der Abzweigung Baracca—Levanto (s. Abb. 14). Diese Primärleitung führt

Abb. 14.

meist durch gebirgiges Gelände und weist einige große Spannweiten auf (bis zu 400 m). In Baracca steht eine Freileitungs-Trennstation zur Kupplung des Zweiges Baracca—Levanto. Das Leitungsbild der gesamten Hochspannungsleitung ist das für Doppel-Drehstromleitungen mit Hängisolatoren an Einfachmasten übliche (2 × 3 Leiter aus Elektrolytkupfer), versehen mit Schutzdraht und Telephonleitung. Als Leitungsträger wurden Mannesmannrohre verwendet. Die Hauptleitung Busalla—Spezia erhielt Leiter von 10 mm Dmr. und die Abzweigleitung Baracca—Levanto solche von 8 mm Dmr. Infolge des Gebirgscharakters dieser Primärleitung und deren teilweiser Lage in Meeresnähe mußte die Gliederzahl der Isolatoren von normal 3 auf 5 ... 7 erhöht werden.

Die Versorgung der Fahrleitung mit Drehstrom von 3700 V, 16⅔ Hz erfolgt durch vier Unterwerke, nämlich Genova Terralba, Sestri Levante, Levanto und Spezia. In dem ersten arbeiten zwei Gruppen von Einphasen-Transformatoren 30 000/4000 V und 4500 kVA Gesamtleistung sowie eine Gruppe Einphasen-Transformatoren 60 000/4000 V von 5200 kVA Leistung wahlweise unabhängig voneinander oder parallel miteinander auf die Fahrleitungs-Sammelschiene. Diese letztere ist mit dem Schaltwerk Recco (km 20) durch 4 Einleiterbleikabel (eines davon ist Reservekabel) von 191,4 mm² Kupferquerschnitt verbunden, welche in Zementschächten längs dem Bahnkörper verlegt sind. Ähnliche Speisekabel sind von dem Unterwerk Sestri-Levante über das Schaltwerk Chiavare (km 37,7) zum Schaltwerk Rapallo (km 29,2) verlegt zwecks Verminderung des Spannungsabfalles im Fahrdraht. Das Unterwerk Sestri-Levante (km 45) enthält drei Gruppen Einphasen-Transformatoren 60 000/4000 V von zusammen 6750 kVA Leistung. Eine dieser Gruppen dient zur Zeit noch als Reserve. Außer den üblichen Ringsammelschienen, welche die wahlweise Speisung des Unterwerks von Busalla oder Spezia aus ermöglichen, finden wir hier auf der Oberspannungsseite eine Synchronisier-Hilfs-Sammelschiene, mit welcher einerseits die zwei ankommenden Doppel-Primärleitungen parallel geschaltet werden können und die anderseits erlaubt, das gesamte Unterwerk von den Primärleitungen abzutrennen, ohne den Parallelbetrieb dieser letzteren zu stören. Um den Spannungsabfall im Fahrdraht auf dem eingleisigen Teilstück zwischen Sestri-Levante und Spezia zu kompensieren, wurden an Stelle von Speisekabeln im Unterwerk Levanto (km 68) zwei selbsttätig gesteuerte Synchronmotoren als Phasenschieber aufgestellt. Der Anlauf derselben erfolgt in bekannter Weise mittels Spartransformators (unter 2000 V) als Asynchronmotor mit offenem Erregerstromkreis. Nachdem die synchrone Drehzahl ungefähr erreicht ist, wird der Erregerschalter über ein Relais geschlossen und gleichzeitig die Zuschaltung des Synchronmotors an die 3700 V-Sammelschiene bewirkt. Als Steuerspannung werden 220 V-Einphasen-Wechselstrom für das Einschaltkommando sowie 60 V-Gleichstrom für das Ausschaltkommando (letzterer aus einer kleinen Batterie) verwendet. Die Klemmenspannung von 3300 V am Synchronmotor wird mittels Schnellreglers konstant gehalten. Bemerkenswert bei dieser selbsttätigen Steuerung ist noch ein thermisches Relais im Ölbad, welches den Zweck hat, die Steuerfunktionen z. B. bei stoßweise auftretenden Spannungsschwankungen im Kontaktdraht zu verzögern. Das Unterwerk Levanto erhält ferner Energie aus dem 60 kV-Primärnetz, dessen Spannung mittels einer Gruppe von Einphasen-Transformatoren von zusammen 2250 kVA Leistung auf die Fahrdrahtspannung reduziert wird.

Im Unterwerk Spezia stehen zwei Gruppen von Einphasen-Transformatoren für 60 000/3700 V mit 4500 kVA Gesamtleistung, welche von zusammen sechs Primärleitungen gespeist werden. Auch dieses Unterwerk ist mit einer Hochspannungs-Hilfsammelschiene wie im Unterwerk Sestri-Levante ausgerüstet.

Die Fahrleitung ist als Einfachaufhängung über Rohrausleger an Mannesmannträger montiert. Der Stützpunktabstand beträgt 20 ... 35 m. Die Kontaktleitung auf offener Strecke in jeder Phase besteht aus zwei und in Stationen aus einem Kupferdraht. Als Fahrleitungsweiche wurde das neueste und einfachste der vorhandenen Modelle gewählt.

Zur Sicherung des Betriebes verfügt die Bahn über einen wohlgeordneten Störungsdienst. Obwohl die Primärleitung durchwegs Doppelleitungen auf Einfachmasten trägt, arbeitet das Betriebspersonal an einer der beiden Leitungen, während die Nachbarleitung unter Spannung steht. Die Hauptrevision, wobei jede Hängekette genau untersucht wird, erfolgt vierteljährlich, dazwischen werden wöchentliche Nebenrevisionen (ohne Besteigung der Masten) ausgeführt. Zum Unterhalt der Fahrleitung stehen für die eingleisige Strecke während rd. 20 Tage im Monat 2 h täglich zur Verfügung, während welcher die Leitung spannungslos gemacht wird. Auf der doppelspurigen Strecke wird mit Ausnahme der Sonntage jeden zweiten Tag abwechslungsweise die Fahrleitung des einen oder des andern der beiden Gleise zwecks Revision abgeschaltet. Durch diese Vorkehrungen wird eine sichere Betriebsführung gewährleistet. (Rivista tecn. ferrov. It. Bd. 29, S. 1.)

H. Z.

Bergbau und Hütte.

Berührungschutz von Grubenbahn-Stromabnehmern. — Bei der Mehrzahl der gebräuchlichen Bügel- oder Scherenstromabnehmer ist die ganze Stromabnehmervorrichtung einschließlich des Gestells bis herunter zu den auf dem Bügelbock sitzenden Isolatoren spannungführend. Da sich durch zufällige Berührung spannungführender Teile derartiger Stromabnehmer Unfälle ereigneten, hat der Verein zur Überwachung der Kraftwirtschaft der Ruhrzechen mit den Herstellern von Grubenlokomotiven und Stromabnehmern über Maßnahmen gegen die Möglichkeit einer derartigen Berührung verhandelt. Auf Grund dieser Verhandlung wurde folgende Vereinbarung getroffen: Die Scherenstromabnehmer sollen in Zukunft nur noch mit spannungsloser Schere gebaut und geliefert werden. Falls in Zukunft keine Bügelstromabnehmer verwendet werden, bei denen nur das eigentliche Schleifstück Spannung führt, sollen bei neuen Lieferungen die Lokomotiven mit

einem seitlichen, eine zufällige Berührung der Stromabnehmer verhindernden mechanischen Schutz ausgerüstet werden, der die Zugänglichkeit zu Einzelteilen der Lokomotive und die Sicht für den Lokomotivführer nicht erschweren darf. Da Rollenstromabnehmer im Oberbergamtsbezirk Dortmund im allgemeinen nicht mehr zugelassen werden, wurden diese von dem Übereinkommen nicht betroffen.

Beim S c h e r e n s t r o m a b n e h m e r genügt es, wie auch von fast allen Firmen vorgeschlagen worden ist, die Arme der Schere aus Isolierstoff oder einer entsprechend vorbehandelten Holzart herzustellen. Die Siemens-Schuckertwerke haben zur Erhöhung des Berührungschutzes ihrer Scherenstromabnehmer mit isolierenden hölzernen Armen noch eine Abdeckung der Auflaufhörner der Schleifstücke mit der Isolierplatte *a* gemäß Abb. 15 vorgesehen; nur die

Abb. 15. Scherenstromabnehmer mit Abdeckung der Auflaufhörner.

Teile *b* sind unter Spannung. Für B ü g e l s t r o m a b n e h m e r schlagen die Bergmann-Elektrizitäts-Werke und die AEG einen geländerartigen Schutz vor, die Maffei-Schwartzkopff-Werke bauen ein Isolationsglied *a* zwischen Schleifstück und Gestell ein (Abb. 16), wobei natür-

a Isolationsstück
b Stromzuführung

Abb. 16. Stromabnehmer mit Isolationsglied zwischen Bügel und Gestell.

lich darauf zu achten ist, daß das Zwischenstück aus einem möglichst zähen Isoliermaterial besteht, das den im Bergbaubetrieb auftretenden rauhen Beanspruchungen auf die Dauer gewachsen ist. Auch darf die freie und leichte Beweglichkeit des Bügels durch die Stromleitung *b* nicht behindert werden. Die AEG schaltet das Isolationsstück in den geradlinigen Teil des Bügels, u. zw. dort ein, wo das eigentliche Schleifstück in den unteren, tragenden Teil des Drahtbügels übergeht. Eine ähnliche Lösung liegt von

a Tülle *b* Gummischlauch

Abb. 17. Bügelstromabnehmer mit isolierter Tülle und Gummischlauch.

EBC vor (Abb. 17), wo zwischen Bügel und Gestell die Tülle *a* aus hochwertigem Isoliermaterial eingeschaltet und zur weiteren Sicherung gegen Berührungsgefahr über die unteren Teile des Bügels der Gummischlauch *b* gezogen ist. Bei der Bauart der Elektroapparate G. m. b. H., Essen (Abb. 18), sitzt das aus bakelisierter Gewebepreßmasse (Turbax) hergestellte Isolierstück in der seitlichen Rundung des Schleifteiles. Von einem an der Innenseite

Abb. 18. Stromabnehmer mit Isolierstück in der seitlichen Rundung des Bügels.

des Isolierstückes angebrachten Klemmbrett wird dann der Strom mit Hilfe einer Gummischlauchleitung zu den Motoren geführt. (C. K ö r f e r, Glückauf Bd. 66, S. 742.) *Ka.*

Fernmeldetechnik.

Theorie der Niederfrequenz-Verstärkerketten. — Eine Arbeit von F e l d t k e l l e r und S t r e c k e r behandelt Verstärkerketten zur verzerrungsfreien Verstärkung breiter Niederfrequenzbänder, deren Glieder gleich oder ähnlich aufgebaut sind und nur mit so kleinen Wechselspannungen betrieben werden, daß sie als lineare Übertragungssysteme angesehen werden können. Die Zusammenhänge zwischen dem nichtlinearen Kennlinienfeld und den Konstanten des linearen Wechselstromsystems werden in Diagrammen dargestellt, mit denen die optimalen Betriebspannungen und Anodenwiderstände ermittelt werden können, für die die Verstärkung am größten wird. Bei dieser Betrachtung wird die einer Röhre folgende Röhre durch ihre dynamische Kapazität ersetzt. Für höhere Frequenzen, wie sie bei der oberen Grenze des Sprach- und Musikbereiches auftreten, ist bereits der Einfluß der folgenden Röhren durch eine konstante dynamische Kapazität nicht mehr darzustellen. Die infolgedessen notwendige strenge Berechnung der Verstärkungsfaktoren konnte mit Hilfe der aus der Theorie linearer Funktionen bekannten Systemrechnung durchgeführt werden.

Die Verstärkungsfaktoren der Kette wurden durch die Kettenübertragungsfaktoren angenähert, für die die Vierpoltheorie verhältnismäßig einfache Darstellungen liefert. Sie werden in Diagrammen wiedergegeben, aus denen für vorgeschriebene Frequenzbänder und zulässige Verzerrungen die günstigste Größe der Kopplungschaltungen ermittelt werden kann. Aus Scheinwiderstandsbetrachtungen der Röhre wird für die beiden wichtigsten Kapazitäten, die am Gitter angreifen, eine einfache Niederfrequenz-Meßmethode abgeleitet, bei der die Messung bei einer einzigen willkürlichen Frequenz erfolgen kann.

Unter Benutzung einfacher Formeln für die Kettenwiderstände läßt sich die Verstärkerkette nach Verstärkung und Scheinwiderstand für beliebige Abschlußwiderstände durchrechnen; Abschätzungsformeln hierzu werden angedeutet. Zum Schluß wird ein Vergleich angestellt, ob sich mit der Widerstandskopplung oder mit der Widerstands-Übertragerkopplung größere Verstärkungen erreichen lassen. Es zeigt sich, daß etwa unter 10^6 Hz die Übertragerkopplung der Widerstandskopplung überlegen ist, oberhalb umgekehrt. (R. F e l d t k e l l e r u. F. S t r e c k e r, Arch. El. Bd. 24, H. 4, S. 425.)

Physik und theoretische Elektrotechnik.

Die Permeabilität des Eisens bei Wellenstrommagnetisierung. — Die bisherigen Untersuchungen über die zusätzliche Permeabilität[1] stützen sich durchweg auf die Ergebnisse ballistischer Messungen. Die von E b i n g e r im Laboratorium für Schwachstromtechnik der T. H. Stuttgart angestellten Untersuchungen wurden, um einwandfreie Ergebnisse zu erzielen, mit Wellenstrommagnetisierung (Überlagerung von Wechselfeldern über eine Gleichstrom-Vormagnetisierung) ausgeführt. Die Messungen erfolgten mit Hilfe des Wechselstromkompensators von Hartmann & Braun. Zunächst wurde fest-

[1] Spooner, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 42, S. 42 (1923). — Höller, ETZ 1929, S. 1450.

gestellt, daß die zusätzliche Permeabilität im Frequenzbereich 20 .... 600 Hz, solange also die Induktionsverdrängung im Eisen vernachlässigbar ist, unabhängig von der Frequenz des überlagerten Wechselfeldes ist, wenn die Wechselfeldstärke aus der Blindkomponente des magnetisierenden Stromes errechnet wird. Die von Spooner angegebene Formel zur Berechnung der zusätzlichen Permeabilität

$$\mu_\Delta = \mu_{\mathfrak{B}_m} (a + b \,\Delta \mathfrak{B} \,.\, 10^{-3}) \qquad (1)$$

wurde dadurch zweckmäßig abgeändert, daß statt der oberen Spitze der unsymmetrischen Hystereseschleife der Punkt $\mathfrak{H}_{gl}$, $\mathfrak{B}_{gl}$ der Vormagnetisierung als Bezugspunkt gewählt wurde (Abb. 19). Die so erhaltene Gleichung

$$\mu_\Delta = \mu_{gl} (A + B\, \mathfrak{B}_w) \qquad (2)$$

gibt näherungsweise den Zusammenhang zwischen μ_Δ und der Wechselstrominduktion $\mathfrak{B}_w$ an, allerdings nur für größere Wechselfelder (etwa von $\mathfrak{B}_w =$ 150 Gauß an). Die Kurven für ihre von der Vormagnetisierung abhängigen Konstanten A und B weisen bei den verschiedenen Stoffen einen ähnlichen Verlauf auf und können durch die in Abb. 20 dargestellten Mittelwertskurven ersetzt werden. Auf diese Weise wird die Berechnung von μ_Δ nach Gl. (2) für die verschiedensten Eisensorten ermöglicht.

Abb. 19. Unsymmetrische Hystereseschleife.

Die umfangreichen Untersuchungen ergaben, daß die Funktion $\mu_\Delta = f(\mathfrak{B}_w)$ mit größerer Genauigkeit und in weiteren Grenzen (bis herunter zu $\mathfrak{B}_w = 10 \ldots 50$ Gauß) durch eine quadratische Gleichung dargestellt wird von der Form

Abb. 20. Die Konstanten A und B in Funktion der Vormagnetisierung.

$$\mu_\Delta = \mu_{gl} \sqrt{k_1 + k_2 \,\mathfrak{B}_w}. \qquad (3)$$

Abb. 21. Die Konstanten k_1 und k_2 in Funktion der Vormagnetisierung.

Auch für die Konstanten k_1 und k_2 wurden mittlere Kurven (Abb. 21) aufgestellt, die ebenfalls für alle Eisensorten gelten können. Bei kleinen Wechselfedern, wo auch Gl. (3) nicht mehr ausreicht, ist die von Lord Rayleigh[1] angegebene Gleichung

$$\mu_\Delta = \mu_r + n\, \mathfrak{H}_w \qquad (4)$$

anzuwenden, welche mit relativ großer Genauigkeit die Abhängigkeit der zusätzlichen Permeabilität von der Wechselfeldstärke angibt. Für sehr kleine Wechselfelder nimmt μ_Δ den Wert der reversiblen Permeabilität μ_r an. Gans[2] stellte für μ_r in Funktion der Vormagnetisierung eine für alle ferromagnetischen Stoffe gültige Kurve $\mu_r/\mu_0 = f(\mathfrak{B}_{gl}\, \mathfrak{B}_s)$ auf (μ_0 Anfangspermeabilität, $\mathfrak{B}_s$ Sättigungsinduktion). Es konnte nachgewiesen werden, daß auch die Konstante n der Gl. (4) sich durch eine für die verschiedensten Eisensorten geltende Kurve $n/n_0 = f(\mathfrak{B}_{gl}/\mathfrak{B}_s)$ darstellen läßt (n_0 ist der n-Wert für $\mathfrak{H}_{gl} = \mathfrak{B}_{gl} = 0$); dadurch wird eine allgemeine Anwendbarkeit der Rayleighschen Formel ermöglicht (Abb. 22). Die obere Grenze ihres Geltungsbereichs liegt je nach der Vormagnetisierung bei $\mathfrak{B}_w = 30 \ldots 80$ Gauß, also da, wo bereits Gl. (3) mit hinreichender Genauigkeit Verwendung finden kann. — Zur Berechnung von Apparaten, namentlich der Fernmeldetechnik, wo eine näherungsweise Vorausbestimmung der Permeabilität oft erwünscht ist, dürften sich die angeführten Näherungsverfahren als sehr zweckmäßig erweisen, da sie lediglich die Kenntnis von Werten voraussetzen, die aus der Magnetisierungskurve für das betreffende Material entnommen werden können. (A. Ebinger, Z. techn. Phys. Bd. 11, S. 221.) *Sb.*

Abb. 22. Die Konstanten der Rayleighschen Gleichung in Funktion der Vormagnetisierung.

Hochspannungstechnik.

Abrundung ebener Kondensatoren in normaler Luft. — Um die Randausbildung eines ebenen Kondensators analytisch angeben zu können, geht eine Arbeit von Schilling ähnlich wie die bisherigen zur gleichen Frage[3] von dem bekannten Niveauliniensystem des begrenzten ebenen Plattenkondensators (0°-Kante gegen Ebene) aus. Die Abrundungskurve wird angegeben in der Form:

$$x = \frac{\delta}{1-k} \cdot \frac{1}{\pi} (a \cos k\pi - \ln a - 1)$$

$$y = \frac{\delta}{1-k} \cdot \frac{1}{\pi} (a \sin k\pi - k\pi + \pi).$$

Hierin bedeuten δ den Elektrodenabstand (halben Elektrodenabstand) für den einseitig (beiderseitig) abgerundeten Kondensator, a einen Parameterwert, der zwischen 0 und $+\infty$ zu verändern ist, und k den sog. Abrundungskoeffizienten ($0 < k < 1$), der die Krümmung bestimmt. Die Bestimmung von k muß so getroffen werden (die Krümmung steigt mit kleiner werdendem k), daß der Kondensator bis zu der für den homogenen Teil geltenden Durchbruchspannung belastbar ist. Diese Bestimmung wird durchgeführt für normale Luft als Dielektrikum, u. zw. handelt es sich um die Anwendung der allgemeinen Entladebedingung von Townsend für Gase in der von Schumann angegebenen besonderen Form für normale Luft. Es werden durch graphische Auswertung der Entladebedingung Minimalwerte des Abrundungskoeffizienten abhängig vom Elektrodenabstand gewonnen. Der praktische Abrundungskoeffizient muß größer als diese Minimalwerte gewählt werden, u. zw. ergeben sich auf

[1] Rayleigh, Phil. Mag. Bd. 23, S. 225 (1887).

[2] Gans, ETZ 1907, S. 527 u. 844. Phys. Z. Bd. 11, S. 988 (1910); Bd. 12. S. 1053 (1911); Z. Phys. Bd. 29, S. 270 (1924); Ann. Phys. Bd. 22, S. 481 (1907); Bd. 23, S. 399 (1907); Bd. 27, S. 1 (1908); Bd. 29, S. 301 (1909); Bd. 33, S. 1065 (1910); Bd. 61, S. 379 (1920).

[3] Rogowski, Arch. El. Bd. 12, S. 1 (1923). — H. Rengier, Arch. El. Bd. 16, S. 76 (1926). — Vgl. a. C. Stoerk, ETZ 1931, S. 43.

Grund der Meßgenauigkeit von Funkenstrecken von 1 bis 2 % folgende praktische Werte:

für Elektrodenabstände bis 5 cm $k = 0{,}29 \ldots 0{,}30$,
10 cm $k = 0{,}30 \ldots 0{,}31$,
20 cm $k = 0{,}31 \ldots 0{,}32$.

Hiernach ist eine wesentlich stärkere Krümmung in Luft möglich als bisher angegeben wurde. Eine gewisse Übersicht ergibt die Angabe der größten Feldstärke, die längs der Abrundung erreicht wird. In der Arbeit von W. Rogowski war die Abrundung so getroffen (mit $k = 0{,}5$), daß die Feldstärke am Rand dauernd kleiner ist als im homogenen Teil. H. Rengier zeigte, daß eine Elektrodenform stärkerer Krümmung (mit $k = 0{,}33$) noch möglich ist bei einem Höchstwert der Feldstärke an der Abrundung, der etwa 15 % über dem Wert im homogenen Teil liegt. Die ganz allgemeine Untersuchung der vorliegenden Arbeit ermittelt Abrundungsformen, die im Falle stärkster Krümmung ($r = 5$ cm, $k = 0{,}29$) eine Feldstärkenüberhöhung von rd. 27 % aufweisen. (W. Schilling, Arch. El. Bd. 24, H. 3, S. 383.)

Energiewirtschaft.

Stromerzeugungs- und -verteilungskosten. — In der Elektrizitätswirtsch. Bd. 30, S. 57 (1931) beschäftigt sich M. Kühnert, Breslau, mit der Untersuchung der Gestehungs- und Verteilungskosten elektrischer Arbeit. Es ist seit Beginn dieses Jahrhunderts üblich gewesen, nach dem Vorgange von Agte die Selbstkosten in feste und bewegliche zu unterteilen, wobei man dann unter festen Kosten im wesentlichen den Kapitaldienst einschl. der Abschreibungen und gegebenenfalls der Unterhaltung verstand, unter beweglichen Kosten dagegen die Ausgaben für Kohle und sonstige Betriebsmaterialien sowie Löhne, Steuern und Verwaltungsausgaben. Zurückzuführen ist dieser Sprachgebrauch auf den Umstand, daß die Gestehungskosten immer nur retrospektiv ermittelt wurden, wobei sich dann der Kapitaldienst als eine feste, von der Höhe der Erzeugung unabhängige Summe darstellte, während die Ausgaben für Brennstoffe eine genaue, die für Löhne, Betriebsmaterialien und Steuern eine wenigstens entfernte Proportionalität zur Größe der Erzeugung aufwiesen. Es war somit eine Nachkalkulation, die angestellt wurde, während die in der fabrizierenden Industrie so wichtige Vorkalkulation fast ganz fehlte. Denn sowohl die Gestehungskosten als auch die Art der Abnahme seitens der Anschlußnehmer pflegen sich innerhalb eines Jahres nur wenig zu ändern. Diese übliche Betrachtungsweise ist aber geeignet, die Tatsache zu verschleiern, daß gerade die festen Kostenanteile bewegliche, die als bewegliche bezeichneten Kostenanteile aber feste Preise ergeben. Der Gesamtbetrag des Kapitaldienstes liegt fest und ist durch die Höhe der Erzeugung zu dividieren, um den auf die einzelne Kilowattstunde entfallenden Anteil zu erhalten; dieser Punkt bewegt sich somit auf einer gleichseitigen Hyperbel. Dieselbe Kurve erhält man, wenn man die Anlagekosten für das Höchstkilowatt ermittelt (einschl. des Leitungsnetzes schwanken sie in Deutschland zwischen 1200 und 2500 RM) und die darauf entfallenden Jahreskosten durch die Ausnutzungsdauer dividiert. Die Brennstoffpreise hingegen schwanken, bezogen auf die Kilowattstunde, nur wenig. Für ein neueres Kraftwerk stellt sich der Kohlenverbrauch je nach der Höhe der Ausnutzung der Höchstbelastung auf 1,2 ... 0,9 kg/kWh einer Steinkohle von 6000 kcal. Für die äußersten praktisch vorkommenden Grenzfälle, 800 und 8000 Benutzungstunden, liegen die Werte etwa bei 0,85 und 1,75 kg. Man begeht daher keinen zu großen Fehler, wenn man für die in der Praxis häufigsten mittleren Ausnutzungsdauern bis etwa 3000 h mit einem mittleren Wert rechnet, der also „fest" ist. Etwas anders verhält es sich wieder mit den „sonstigen Kosten", nämlich Löhnen, Steuern, Verwaltungsausgaben, Betriebsmaterialien und Unterhaltungskosten. Es ist sehr zweckmäßig, sie nicht auf die Kilowattstunde, sondern auf das Höchstkilowatt zu beziehen. Ein Vergleich von mehreren unter ganz verschiedenen Verhältnissen arbeitenden Kraftwerken in Süd-, Mittel- und Ostdeutschland zeigte nämlich, daß sie bei einer solchen Berechnungsart keine großen Unterschiede mehr aufweisen. Die Jahresausgaben betrugen überall zwischen 18 und 21 RM/kW. (Bei 16 neueren amerikanischen Kraftwerken, deren Stromerzeugungskosten der Referent in Elektrizitätswirtsch. Bd. 28, S. 631 (1929) dargestellt hat, wiesen diese Beträge ebenfalls nur verhältnismäßig geringe Schwankungen auf, sie bewegten sich etwa zwischen 20 und 28 RM/kW und Jahr). Der auf die einzelne Kilowattstunde entfallende Anteil ist dann ebenso stark von der Höhe der Ausnutzung abhängig wie der Kapitaldienst; auch diese Abhängigkeit wird durch eine gleichseitige Hyperbel dargestellt. Die großen Verschiedenheiten, die bei den Elektrizitätswerken gerade hinsichtlich dieser Kosten je Kilowattstunde beobachtet werden, sind also in der Hauptsache auf die Verschiedenheit der Ausnutzungsdauer der Höchstbelastung zurückzuführen.

Von den drei Bestandteilen der Selbstkosten treffen den einzelnen Abnehmer nur die Kohlenkosten in voller Höhe. Sowohl von dem Kapitaldienste als auch von den sonstigen Kosten trifft ihn nur der Anteil, der auf seine Beteiligung an der Höchstbelastung des Werkes entfällt. Das ist also der Gesamtbetrag, multipliziert mit seinem Gleichzeitigkeitsfaktor. Dieser ist für Licht erfahrungsgemäß 0,5, dagegen für städtische Gewerbe nur 0,1. Das heißt, daß 2 kW Lichtanschlußwert 1 kW in der Höchstbelastung des Werkes ausmachen, ebensoviel wie 10 kW Motoranschlußwert bei normalem städtischen Gewerbe. Für ländliche Kraftabgabe in Niederschlesien ist der Gleichzeitigkeitsfaktor 0,2. Bei der Bedeutung, die der Kapitaldienst gerade für den Kleinverkauf elektrischer Arbeit hat, folgt schon aus diesen Zahlen, daß der Lichtstrompreis am höchsten sein muß, sowie daß die Elektrizitätslieferung an städtische Gewerbe billiger sein kann als ländliche Kraftabgabe. Bei sehr hoher Ausnutzung der beanspruchten Höchstleistung, wie sie z. B. elektrochemische Fabriken aufweisen, wird naturgemäß der Gleichzeitigkeitsfaktor nahezu 1. Es würden sich daher prohibitive Stromselbstkosten ergeben, wenn die strombeziehende Fabrik nicht unmittelbar am Kraftwerk liegt, so daß sie ab Sammelschiene beziehen kann und nicht mit dem Kapitaldienst für das Leitungsnetz belastet zu werden braucht. Kennt der Elektrizitätswerksleiter Ausnutzungsdauer und Gleichzeitigkeitsfaktor seiner Abnehmer genau, so kann er die entstehenden Selbstkosten mit Sicherheit vorher berechnen und somit auch feste kWh-Preise anbieten, womit es noch immer am leichtesten ist zum Abschluß zu kommen.

Mit den gleichen Fragen beschäftigt sich ein Aufsatz von A. Kanneberg in der El. World Bd. 97, S. 672 (1931). Er behandelt sie nur mehr auf Grund von empirischen Angaben, ohne den spröden Stoff zu völliger gedanklicher Klarheit durchgearbeitet zu haben. Insbesondere die für die Kalkulation so wichtige Tatsache, daß die sog. festen Kosten eben beweglich sind und umgekehrt, ist ihm nicht zum Bewußtsein gekommen. Dagegen sind die von ihm gebrachten Kurven teilweise recht wertvoll, wenngleich auch ganz auf amerikanische Verhältnisse zugeschnitten. Sie stimmen, soweit sie die Zusammensetzung der Gestehungskosten betreffen, ganz mit den von Kühnert mitgeteilten überein und zeigen so, daß die Kalkulationsgrundlage für die Erzeugung elektrischer Arbeit in allen Ländern dieselbe ist. In einer Darstellung „Wirkung des Belastungsfaktors auf Erzeugungskosten" bringt Kanneberg sehr ähnliche Kurven wie Kühnert; auch bei ihm schwanken die Brennstoffkosten zwischen 800 und 8000 Benutzungstunden im Verhältnis 1 : 2, nur gehen sie nicht geradlinig, sondern in einer anfänglich stark durchgebogenen Kurve herab, die nicht ganz wahrscheinlich aussieht. Der Kapitaldienst verläuft natürlich nach einer gleichseitigen Hyperbel, was dagegen die „sonstigen Kosten", wie es nach den oben gebrachten Ausführungen von Kühnert notwendig wäre, nicht tun. Die von Kanneberg gegebene Kurve ist stark abweichend und erweckt den Verdacht, daß sie nicht auf genauen Unterlagen beruht, sondern geschätzt ist. Interessanter ist die in Abb. 1 wiedergegebene, die die Anlagekosten des Verteilungsnetzes in Abhängigkeit von der Abnehmerdichte darstellt. Sie ist hier umgerechnet auf Kilometer und Reichsmark, um den Vergleich mit deutschen Verhältnissen zu erleichtern. Im allgemeinen scheinen die Kosten unter denen deutscher Vergleichswerte zu liegen, was wohl darauf zurückzuführen ist, daß die amerikanischen Leitungen und (ländlichen) Transformatorenstationen meist sehr viel leichter gebaut werden als deutsche. Kanneberg kommt zu dem Schluß, daß der kleine häusliche Abnehmer mit einem jährlichen Verbrauch von 100 ... 500 kWh häufig etwas unter Selbstkosten beliefert wird, was sich z. T. aus den im Mittel sehr niedrigen nordamerikanischen

Abb. 1. Kosten des Verteilungsnetzes und Abnehmerdichte.

Haushaltstarifen erklärt. Auch für die Großabnehmer dieser Klasse mit einem Verbrauch von mehr als 12 000 kWh jährlich gibt Kanneberg an, daß sie den ihnen zukommenden Anteil an den Stromkosten nicht bezahlen, was aus den von ihm gebrachten Kurven und Zahlen nicht recht hervorgeht. Seine Ausführungen sind z. T. recht unklar, so wenn er behauptet, daß die Kosten für Zählerablesung und -unterhaltung, Rechnungsausstellung und Akquisition für den großen industriellen Abnehmer extrem hoch seien, ebenso wie die festen Kosten der Stromzuführung. Gerade diese Kosten werden für den großen industriellen Verbraucher sehr klein. Kanneberg beklagt das Fehlen genügend zuverlässiger Angaben über den Gleichzeitigkeitsfaktor von Abnehmern der verschiedenen Klassen, eine Klage, in die wir Deutschen nicht einzustimmen brauchen, da gerade in der deutschen Literatur recht wertvolle Angaben darüber zu finden sind. Die Ausgaben für Übertragung, Umformung und Speicherung elektrischer Arbeit bezieht Kanneberg wie auch Kühnert auf das Kilowatt des Netzmaximums und findet für eine große Anzahl Elektrizitätswerke einen mittleren Wert von 1,98 $/kW. *Ha.*

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 183 02.

Bezahlung des Mitgliedsbeitrags.

Diejenigen Mitglieder, die den **Mitgliedsbeitrag für das II. Halbjahr 1931 noch nicht entrichtet** haben, werden im eigenen Interesse um recht baldige Bezahlung gebeten, damit sie in ununterbrochenem Fortbezug der ETZ verbleiben.

Für persönliche Mitglieder beträgt dieser Beitrag 15 RM.

Für körperschaftliche Mitglieder ist der Beitrag nach der Zahl der beschäftigten Angestellten und Arbeiter gestaffelt; die betr. Übersicht wird auf Wunsch sofort übersandt.

Elektrotechnischer Verein.
Der Generalsekretär:
Dr. Schmidt.

SITZUNGSKALENDER.

Elektrotechn. Verein Braunschweig. 2. VII. 1931, abds. 8¼ h, Hörsaal des Hochspannungsinstituts, Eing. Hamburger Straße 307: Vortrag Dipl.-Ing. Mitscherling, „Wesen, Aufbau und Anwend. des Edison-Akkumulators (m. Lichtb. u. Vorführ.).

Physikal. Gesellschaft zu Berlin. 3. VII. 1931, nachm. 5½ h, gr. Hörsaal des Physikal. Inst. der Universität, Reichstagsufer 7/8: a) Vortrag H. Kallmann u. B. Rosen, „Bildung und Zerfall von Molekül-Ionen". b) Vortrag P. Pringsheim, „Über die durch gelbes Licht im Na-Dampf ausgelöste Fluoreszenz".

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

E. Ehrhardt †. Am 10. VI. d. J. starb im 57. Lebensjahre an einem Herzschlage Herr Oberingenieur Erwin Ehrhardt, Prokurist der Siemens & Halske A.-G. Die Fernmeldetechnik verliert mit ihm einen bewährten und angesehenen Fachmann, der besonders auf dem Gebiete der Telegraphie an der Entwicklung und Vervollkommnung der Siemens-Schnelltelegraphen, der drahtlosen Schnelltelegraphie und der Fernschreibmaschinen hervorragend beteiligt war.

W. Exner †. — Am 25. Mai ist Präsident Dr.-Ing. E. h. Wilhelm Exner, Wien, im 92. Lebensjahr verschieden. Mit ihm hat die Technik einen Ingenieur ganz ungewöhnlichen Ausmaßes verloren, einen Organisator und Schöpfer von unermüdlicher Energie, der dank dieser Eigenschaften alle Ziele, um die er bis ins höchste Alter kämpfte, verwirklicht sehen durfte. Neben technischen Spezialarbeiten liegen seine Leistungen vorwiegend auf dem Zwischengebiet zwischen reiner Technik einerseits, Wirtschaft und Mensch anderseits. Er wirkte als Lehrer, als Förderer der Werkstoffprüfung, des Ausstellungswesens, der Patentgesetzgebung und der Geschichte der Technik, und schließlich war Exner als Politiker tätig und konnte gerade in dieser Eigenschaft viel für die Technik tun. Seine Verdienste haben öffentliche Anerkennung in reichem Maße gefunden; erwähnt sei nur, daß Exner Ehrenmitglied des VDI war und daß ihm 1929 das Ehrenzeichen für Verdienste um die Republik Österreich verliehen wurde.

Sein Werk wird in der Geschichte der Technik weiterleben; seine Persönlichkeit können wir uns wieder lebendig werden lassen, wenn wir die zwei Jahre vor seinem Tode vollendete Selbstbiographie[1] zur Hand nehmen; sie macht die Schwere des Verlustes für die Technik und besonders für Exners österreichische Heimat besonders deutlich.

St. Schneider †.

Nach kurzer Krankheit starb am 9. V. in seinem 52. Lebensjahre der Oberingenieur Herr Stephan Schneider in Sörnewitz. Der Verstorbene wurde am 24. VI. 1879 zu Olmütz in N.-Österreich geboren und trat nach Beendigung seiner Studienzeit 1903 als Konstrukteur für Starkstrom-Schaltapparate in die Apparatefabrik der AEG ein. Die damals in den Kinderschuhen steckende Hochspannungstechnik gab ihm hier Gelegenheit, grundlegende Neuerungen zu schaffen. Sein späteres Arbeitsgebiet bei der AEG waren die Niederspannungsapparate. Anfang 1914 trat Stephan Schneider als Oberingenieur in die Heizapparate-Fabrik der AEG in Hennigsdorf über. Hier befaßte er sich mit der industriellen Elektrobeheizung. Für den eigenen Betrieb der AEG baute er die größte elektrische Großküche Europas, die während der Kriegszeit bis 10 000 Arbeiter täglich zu versorgen hatte. Von Mai 1921 bis zum September 1924 war Schneider Geschäftsführer der „Wärmag", einer Tochtergesellschaft des Eisenwerkes F. R. Meyer A.-G., Harzgerode. Für diese Firma wurden von ihm sämtliche gängigen Kleinapparate der Elektrowärme-Industrie neu durchkonstruiert. Am 15. Oktober 1924 trat er als Oberingenieur und Chefkonstrukteur in die Siemens-Elektrowärme-Gesellschaft m. b. H., Sörnewitz, ein. Sein Arbeitsgebiet war zunächst hauptsächlich die industrielle Heizung, u. zw. speziell Glühöfen und Elektro-Dampfkessel. Als diese Abteilung an das Transformatorenwerk der Siemens-Schuckertwerke in Nürnberg abgegeben wurde, widmete sich Schneider dem weiteren Ausbau von Haushaltgeräten, besonders von Heißwasserspeichern und Großküchen-Anlagen.

St. Schneider †.

Mit Stephan Schneider hat die Elektrowärmetechnik einen Mann von umfassendem Wissen, vielseitiger Erfahrung und zielbewußtem Können verloren. Eine große Anzahl von Patenten und Schutzrechten ist auf ihn zurückzuführen; denn er verfügte über eine außerordentliche Erfindungsgabe. Seit 1919 beteiligte er sich bis zuletzt an den Arbeiten der Kommission für Elektrowärmegeräte des Verbandes Deutscher Elektrotechniker. Sein reiches Wissen stellte er den Beratungen zur Verfügung, und viele Bestimmungen, die zur Erhöhung der Sicherheit der Elektrowärmegeräte dienen, sind auf ihn zurückzuführen. Die Kommission für Elektrowärmegeräte des VDE hat durch seinen Tod eines ihrer arbeitsamsten und erfahrensten Mitglieder verloren. Dem Verstorbenen wird in weiten Kreisen ein dauerndes Gedenken gewahrt werden.

A. Molly.

[1] Vgl. ETZ 1930, S. 1603.

J. A. Essberger. — Am 5. VII. d. J. feiert Herr John A. Essberger seinen 75. Geburtstag. Herr Essberger war bei der Union Electricitäts-Gesellschaft Abteilungsleiter für Installation und Kraft und leistete in der Entwicklung von Maschinen und Apparaten für die mannigfaltigsten Zwecke bahnbrechende Arbeit. Er erwarb sich große Verdienste um die Einführung der Elektrizität in den Schiffbau und gehörte zu den Gründern der „Schiffsunion" Elektricitätsgesellschaft für Kriegs- und Handels-Marine m. b. H. Über die weitere Tätigkeit Essbergers, insbesondere im Verband Deutscher Elektrotechniker, verweisen wir auf die zu seinem 70. Geburtstag in der ETZ 1926, S. 780, gebrachte Mitteilung.

BRIEFE AN DIE SCHRIFTLEITUNG.

(Der Abdruck eingehender Briefe erfolgt nach dem Ermessen der Schriftleitung und ohne deren Verbindlichkeit.)

Beitrag zur Berechnung der stationären Erwärmung von Transformatorspulen.

In der Arbeit des Herrn GHISLER, ETZ 1930, S. 1580, ist nicht berücksichtigt, daß das Kupfer entlang der gewickelten Spirale Wärme abführt. Das Wärmegefälle durch die Isolation zwischen 2 radial benachbarten Punkten muß ebenso groß sein wie das Wärmegefälle entlang der Windung, die zwischen den beiden Punkten liegt. Die nach Gl. (14) bezeichnete Wärmeleitzahl ist also etwas zu klein und müßte berechnet werden:

$$\frac{D}{\lambda} = \frac{\delta l}{\delta \lambda_k q + \lambda_i l}$$

Hierin ist der Wärmewiderstand im Kupfer in radialer Richtung vernachlässigt, dagegen in tangentialer Richtung dem Wärmewiderstand durch die Isolation parallel geschaltet. Im Zahlenbeispiel ergibt sich allerdings bei 1 m Windungslänge nur ein Unterschied von 2° für die mittlere Temperatur.

Kawasaki, 29. I. 1931. H. Plattner.

Erwiderung.

Ich habe gegen die Ausführungen des Herrn PLATTNER grundsätzlich nichts einzuwenden, möchte jedoch betonen, daß seine Korrektur auf mein Endresultat ohne praktischen Einfluß ist.

Berlin, 4. III. 1931. Ghisler.

LITERATUR.

Besprechungen.

Wie stellt man Projekte und Betriebskostenberechnungen für elektrische Anschlußanlagen auf? Von F. Hoppe. 10. vollst. umgearb. Aufl. Mit 355 Textfig., XI, 572 S. u. 22 S. in 8°. Verlag Joh. Ambr. Barth, Leipzig 1929. Preis geb. 21 RM.

Wenn der Elektro-Installateur selbständig projektieren soll, so muß er dabei den Abnehmern elektrischer Energie auch Berechnungen der zu erwartenden Anlage- und Betriebskosten vorlegen können. Die Unterlagen, die dazu erforderlich sind, lieferte seit Jahren das bekannte Hoppesche Buch, das nun in seiner 10. Auflage neu erschienen ist. Auch diese Auflage hält sich von rein theoretischen Erwägungen fern und bringt erfreulicherweise den ganzen Stoff nach dem Grundsatz — aus der Praxis für die Praxis. Inhaltlich hat das Buch gegen früher wesentliche Vervollständigungen erfahren, vor allem sind die Preisangaben in dieser Auflage wieder erschienen, die infolge der Inflationsverhältnisse aus den letzten Auflagen fortgelassen werden mußten. Der Stoff, den das Buch in seinen 10 Kapiteln mit 4 Anhängen behandelt, ist so außerordentlich umfangreich, daß er hier im einzelnen nicht behandelt werden kann. Diese 10. Auflage kann jedem projektierenden Ingenieur, dem Reisevertreter, dem Studierenden, sowohl dem Anfänger als auch dem Fortgeschrittenen, bestens empfohlen werden.

K. Krohne.

Electric street lighting. Von Ch. J. Stahl. Mit 128 Fig. i. Text, XI u. 228 S. in 8°. Verlag John Wiley & Sons, Inc., New York, und Chapman & Hall, Ltd., London 1929. Preis geb. 17,6 s.

Dieses Werk ist die erste zusammenfassende Darstellung der Straßenbeleuchtung und ist aus dem Bedürfnis heraus entstanden, gegenüber den vielen zerstreuten Einzelveröffentlichungen und der verschiedenartigen Praxis der Straßenbeleuchtung in den V. S. Amerika eine zusammenfassende Darstellung der Technik der Straßenbeleuchtung zu geben. Nach einem interessanten historischen Überblick über die Entwicklung der Straßenbeleuchtung werden die Straßen hinsichtlich ihrer Verwendung und ihres Verkehrs in bestimmte Klassen eingeteilt. Eine Aufstellung der wichtigsten Straßenbeleuchtungsanlagen der bekanntesten Städte und ihrer elektrischen und lichttechnischen Daten gibt eine Grundlage zu Empfehlungen für die Ausführung der Beleuchtungsanlagen für verschiedene große Städte und deren verschiedene Straßenkategorien. Besonderes Augenmerk wird auf die architektonische Ausgestaltung der Maste und Beleuchtungskörper und ihre Einpassung in das Straßenbild gerichtet. Die Grundlagen der Lichterzeugung, die physiologischen Grundlagen, die Messung und Berechnung der Straßenbeleuchtung werden kurz dargestellt und die für Straßenbeleuchtung in Betracht kommenden Gläser und Lichtverteilungskurven diskutiert. Das Parallel- und Seriensystem werden miteinander verglichen und ihre Vorteile für den jeweiligen Zweck dargelegt. Ein besonderes Kapitel ist den Prismengläsern gewidmet. Eine Gegenüberstellung von Glühlampen und Bogenlampen für Straßenbeleuchtung und eine Kostenaufstellung beschließen das Werk.

Insgesamt gibt dieses Buch eine gute Übersicht über die für die V. S. Amerika charakteristische Praxis der Straßenbeleuchtung, die sich nicht unwesentlich von der unsrigen unterscheidet. Während bei uns die Anbringung der Lampen mitten über dem Fahrdamm als besser erkannt und durch neuere physiologische Messungen und Überlegungen bestätigt wurde und die Regel ist, ist in Amerika die seitliche Anordnung der Lampen vorwiegend an Masten beinahe selbstverständliche Voraussetzung. Infolge der geringen Lichtpunkthöhe und der starken Beeinflussung des Straßenbildes durch diese Art der Beleuchtungsanlage wird auf die dekorative Ausgestaltung von Masten und Beleuchtungskörpern großer Wert gelegt. Da die Leuchtgeräte auf die Masten aufgesetzt sind, geben alle nicht prismatischen Gläser einen erheblichen Prozentsatz des Lichtstromes nach oben ab. Dies führt zu einer Vorliebe für Beleuchtungskörper aus Prismenglas, bei denen die Blendungsfrage nicht befriedigend gelöst werden kann. Demgemäß tritt sie, wie die physiologischen Gesichtspunkte überhaupt, etwas in den Hintergrund. Es fällt auf, daß auch die Beleuchtung normalerweise nicht nach der mittleren Beleuchtung auf der Straßenoberfläche bzw. in einer horizontalen Ebene 1 m über der Straße bewertet wird, daß man vielmehr, wenn man schon rechnet, den Verlauf der Beleuchtung auf der Straßenmitte berechnet, im allgemeinen sich aber mit der Angabe des aufgewandten Lichtstromes auf 1 Fuß Straßenlänge begnügt. Zwar betont der Verfasser die Notwendigkeit einer gleichmäßigen Straßenbeleuchtung und diskutiert die verschiedenen Anforderungen, die an das Sehen bei beleuchteter Straße gestellt werden, doch läßt der zum Schlagwort gewordene „Silhouetteneffekt" eine ganz objektive Beurteilung der für das gute Sehen auf der Straße wichtigen Gesichtspunkte nicht genügend aufkommen. Man begnügt sich mit dem aufgewandten Lichtstrom pro Längeneinheit der Straße. Bei der Besprechung der elektrotechnischen Fragen ist die Gegenüberstellung von Parallelsystem und Seriensystem interessant, woraus hervorgeht, daß neben der früher stark propagierten Serienschaltung heute die Parallelschaltung mehr und mehr an Bedeutung gewinnt. Als Mangel wird das Fehlen jeglicher Literaturangaben empfunden.

Das vorliegende Werk stellt eine sehr gute und gründliche Übersicht der amerikanischen Praxis der Straßenbeleuchtung dar und kann zum Studium der amerikanischen Verhältnisse sehr empfohlen werden. Infolge der extremen Entwicklung, die die amerikanische Straßenbeleuchtung im Vergleich zu unserer genommen hat, dürfte es aber kaum wesentliche Anregungen für die Ausbildung unserer Straßenbeleuchtung geben. L. Schneider.

Die russische Industrie-Organisation. Von Dr.-Ing. E. Fuchs. (Industriewirtschaftl. Abhandlungen. Herausg. v. Prof. Dr. G. Briefs u. Prof. Dr. W. Prion H. 3.) Mit 7 Abb., IV u. 102 S. in gr. 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1931. Preis kart. 6,75 RM.

Es ist dankbar zu begrüßen, daß im Rahmen der vorerwähnten Veröffentlichungen die vorliegende Arbeit erschienen ist. Der Verfasser bringt in gedrängter Form eine durchaus sachliche Darstellung der russischen Industrieorganisation und ihrer Entwicklung seit der Februarrevolution 1917 bis zur Jetztzeit. Das Buch füllt fraglos eine starke Lücke in der deutschen die Wirtschaft der UdSSR betreffenden Literatur aus und kann allen Interessenten auf das wärmste empfohlen werden. Das dem Werk beigegebene Literaturverzeichnis wird dem Leser nur willkommen sein. A. Trettler.

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Frankreichs elektrotechnischer Außenhandel[1]. — Wir entnehmen der Rev. Gén. de l'El.[2] die in der folgenden Übersicht zusammengestellten Beträge des französischen Elektroaußenhandels im Jahr 1930. Sie ergeben, daß gegen das Vorjahr die Einfuhr um 54 323 dz (22 %) bzw. 123,405 Mill Fr (19,6 %) gestiegen ist, u. zw. hauptsächlich bei Dynamos, Apparaten, Teilen von solchen sowie von Maschinen, Elementen und Kondensatoren, während der Import von Dynamos für Automobile usw., gummiisolierten Leitungen und Isolationsmaterial abgenommen hat. Auch die Ausfuhr weist eine Zunahme auf, die mengenmäßig 32 580 dz (10 %) und dem Wert nach 66,410 Mill Fr ausmachte. Im einzelnen betraf diese vor allem Apparate, Glühlampen, elektrotechnische Kohlen, Akkumulatoren und teilweise Leitungsmaterial; dagegen ist der Export von Dynamos, Elementen und nicht armierten Isolationsteilen zurückgegangen. Der Überschuß der Ausfuhr betrug 49 214 dz (70 957 i. V.), dem aber wertlich wieder ein Überwiegen der Einfuhr um 232,255 Mill Fr (175,260 i. V.) gegenüberstand.

Erzeugnisse	Einfuhr				Ausfuhr			
	dz		1000 Fr		dz		1000 Fr	
	1930	1929	1930	1929	1930	1929	1930	1929
Dynamos, Elektromotoren, Transformatoren (Tarifnr. 524 A, B)	114 177	59 144	205 463	117 192	61 262	66 739	83 159	85 624
Apparate (Tarifnr. 524^2)	79 149	57 647	307 184	269 547	71 525	58 013	184 836	147 729
Teile von Dynamos, Motoren, Apparaten sowie Magnete (Tarifnr. 533^8, 536, 536^3)	18 983	7 602	49 651	30 894	26 066	24 320	50 816	41 396
Glühlampen (Tarifnr. 361)	9 030	8 681	110 513	100 782	8 301	7 165	35 261	31 579
Bogenlampen und Teile solcher (Tarifnr. 536^2)	45	28	423	193	358	613	1 259	1 509
Kohlen für elektrotechnische Zwecke (Tarifnr. 302)	14 874	15 311	13 429	14 466	33 877	23 119	29 391	22 628
Akkumulatoren, Elemente, Kondensatoren und Teile solcher (Tarifnr. 576^{3-5})	17 805	14 549	16 095	12 282	38 177	34 763	41 766	38 262
Material aus Porzellan, Steingut, Glas usw. (Tarifnr. 347^2)	7 557	11 064	7 214	9 577	45 846	45 496	24 661	20 347
Drähte und Kabel (Tarifnr. 535^3)	39 242	72 513	43 178	74 812	64 664	57 268	69 746	65 411
	300 862	246 539	753 150	629 745	350 076	317 496	520 895	454 485

[1] Vgl. ETZ 1930, S. 1284.
[2] Bd. 29, S. 520/21 (1931).

Aus der Geschäftswelt. — Vereinigte Hochspannungs-Isolatoren-Werke G. m. b. H., Berlin. Das Syndikat ist in der letzten Gesellschafterversammlung unter strafferer Zusammenfassung seiner Mitglieder um 5 Jahre verlängert worden. In dem Mitgliederbestand hat sich nichts geändert; sämtliche bisherigen Gesellschafter haben die Erneuerung einstimmig beschlossen. — Die nach dem Auftragsbestand im ersten Halbjahr 1930 von der Hartmann & Braun AG., Frankfurt a. M., erhoffte Rentabilität dieser Beschäftigung wurde durch die Entwicklung in der zweiten Jahreshälfte auf das ungünstigste beeinflußt. Ein starker Preisdruck eilte der unvermeidlichen Lohnsenkung voraus, und auch letztere ließ im Wirtschaftsgebiet der Berichterstatterin wieder erheblich länger auf sich warten als in der vorangehenden Reichshauptstadt. Da die Preise für Industrieerzeugnisse der von Hartmann & Braun hergestellten Art sich nicht aus örtlichen Gründen hochhalten lassen, ergab sich daraus eine weitere Stockung des Absatzes und Beeinträchtigung der Gewinnaussichten. Immerhin kann das Ergebnis, wie der Vorstand sagt, Interesse für industrielle Anlagen erhalten; aus dem Jahresabschluß ergibt sich aber erneut die Tatsache, daß die öffentliche Hand weit größere Vorteile aus einem Unternehmen zieht als seine das ganze Wagnis tragenden Eigentümer. Da, von organisatorischen Änderungen abgesehen, erfahrungsgemäß an Sachausgaben sehr wenig gespart werden kann, die zum großen Teil weiterlaufen, während die Steuern und öffentlichen Abgaben teilweise sogar erhöht sind, mußte auch bei der Berichterstatterin der Schwerpunkt der Senkung der Gestehungskosten zwangläufig auf personellem Gebiet gesucht werden. Bei Umstellung des Werks auf geringeren Bedarf hat die Gesellschaft es indessen nicht für richtig gehalten, in gleicher Weise auch die Forschungsarbeiten und die konstruktive Weiterentwicklung einzuschränken, sie betrachtet vielmehr die in solchen Abteilungen geleistete Arbeit als werbendes Kapital für die Zukunft. Gerade auf diesen Gebieten haben die letzten Zeiten beachtenswerte Erfolge gebracht, und hierbei gelang es auch, Wege zur erheblichen Verbilligung der Erzeugnisse zu finden, um sie solcherart einem größeren Verbraucherkreis zugängig zu machen. Betriebsüberschuß nach Abzug aller Unkosten: 288 615 RM (596 987 i. V.), Reingewinn: 162 896 RM (245 392 i. V.), Dividende: 7 % auf 1,920 Mill. RM Stammaktienkapital (10 % i. V.). — Die Felten & Guilleaume Carlswerk AG., Köln-Mülheim, erinnert in ihrem Geschäftsbericht für 1930 an die Gründung der Felten & Guilleaume Carlswerk Eisen und Stahl AG. mit 18 Mill. RM Aktienkapital, der Elektrizitäts-, Gas- und Wasserwerk, Eisengießerei und Maschinenfabrik übertragen worden sind. Ferner wird u. a. erwähnt, daß im Schweden-Kabel (etwa 120 km) in Betrieb genommen worden sind, auf welch letzterem neben einer Rundfunkübertra- Sommer 1930 das Schweden—Gotland-Kabel (etwa 170 km) und im Dezember des Berichtsjahres das vierte Deutschland— gung gleichzeitig 84 Gespräche geführt werden können. Neuerdings hat die Gesellschaft den Auftrag auf ein weiteres deutsch-dänisches Telephonseekabel erhalten, das, rd. 89 km lang, zwischen Rostock und Nyköping zur Auslegung kommen wird. Auf dem Starkstromkabelgebiet ist die Berichterstatterin neue und Erfolg versprechende Wege zur technischen und wirtschaftlichen Lösung des Problems der unterirdischen Stromverteilung in Überlandzentralen gegangen. Das Starkstromkabelgeschäft liegt sehr danieder, ein Zustand, der sich wohl erst bei einer entscheidenden Aufwärtsbewegung der Wirtschaft ändern wird. Der Gesamtumsatz des Konzerns ist, nach Abzug des von der Süddeutschen Apparate-Fabrik G. m. b. H., Nürnberg, erzielten, im Berichtsjahr mengenmäßig um etwa 8 %, wertmäßig um etwa 14,5 % gegen das Vorjahr zurückgegangen, die Zahl der in ihm beschäftigten Personen von rd. 16 900 auf rd. 15 200, also um etwa 10 %. Fabrikationsgewinn, Gewinne aus Beteiligungen usw[1] : 16 095 130 RM (19 001 706 i. V.), Reingewinn mit Vortrag: 4 832 204 RM (5 589 821 i. V.), Dividende: 6,5 % auf 64,5 Mill RM ausgegebenes Aktienkapital (7,5 % i. V.).

In das Handelsregister wurden eingetragen: Cyclo G. m. b. H., München, Dachauer Str. 114, (250 000 RM): Herstellung und Vertrieb von Getrieben, insbesondere die Fortführung der bisher von der Firma Friedrich Deckel, München, hergestellten und vertriebenen Getriebe für Elektromotoren („Cyclos"); Gesellschaft für Einrichtung und Betrieb elektrischer Grubenbahnen m. b. H., Dortmund, Prinz-Friedrich-Karl-Str. 29, (25 000 RM): Herstellung und Betrieb elektrischer Grubenbahnen, Vermietung und Verkauf solcher Einrichtungen sowie elektrischer Anlagen aller Art.

[1] Der Gewinn schließt den des Eisen- und Stahlgeschäfts im 1. Halbjahr sowie die Erträge der auf die neue Gesellschaft während dieser Zeit übergegangenen Beteiligungen ein.

Bezugsquellenverzeichnis.

Die Anfragen sind an die Schriftleitung der ETZ, Berlin W 9, Linkstr. 23/24, zu richten. Anfragen ohne Rückporto bleiben unberücksichtigt.

Frage 22: Wer stellt Blechkappen her, die auf den Kopf von Porzellan-Niederspannungsisolatoren aufgeschraubt werden können?

Abschluß des Heftes: 27. Juni 1931.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 16 750 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

ETZ

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

Inhalt von Heft 28 der ETZ

Inhalt des neuesten Heftes des Archiv f. Elektrotechnik

28. HEFT · 52. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9
(889—920) 9. JULI 1931

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

52. Jahrgang | Berlin, 9. Juli 1931 | Heft 28

Über das Problem der Phasenabstände bei elektrischen Leitungen*.

Von **O. Strand**, Oslo.

Übersicht. **Es wird ein Versuch gemacht, die Sicherheit gegen Kurzschluß infolge Zusammenschlagens der Leitungen rechnerisch nachzuprüfen. Mit Hilfe der Berechnungsergebnisse wird die Zweckmäßigkeit verschiedener Leitungsanordnungen diskutiert. Die Berechnungen gelten insbesondere für die Verhältnisse, die bei größeren Leitungen mit Hängisolatoren vorliegen.**

Die Bestimmung der Phasenabstände geschieht zum größten Teil auf rein empirischem Wege. Es sollte doch auch für dieses Problem nahe liegen, eine rechnerische Nachprüfung zu versuchen. Man muß sich dann zuerst dafür entscheiden, welche Kräfte die Leitungen aushalten sollen, ohne daß Kurzschlußgefahr infolge Zusammenschlagens der Leitungen eintritt. Soweit dem Verfasser bekannt, sind Berechnungen dieser Art zuerst von Prof. Sten Velander, Stockholm, ausgeführt worden bei der vorbereitenden Ausarbeitung der neuen schwedischen Luftleitungsnormen[1]. Die Berechnungen, die im folgenden beschrieben werden sollen, bauen zum Teil weiter auf den Berechnungen Velanders. Wir beschreiben zuerst ganz kurz den Berechnungsgang und wollen dann überlegen, ob die Berechnungsergebnisse wirklich als Kriterium für die Kurzschlußsicherheit gelten dürfen, oder ob sie u. U. durch andere Betrachtungen abgeändert werden müssen.

Überall dort, wo Eis- und Schneelast vorkommt, muß man damit rechnen, daß diese Last sich ganz ungleichmäßig über die einzelnen Spannfelder und die einzelnen Phasen desselben Spannfeldes verteilt. Besonders bei Hängisolatorleitungen können infolgedessen die einzelnen Leitungen in demselben Spannfeld sehr verschiedene Durchhänge haben. Sind nun eine belastete und eine unbelastete Leitung seitwäts dem Winde ausgesetzt, so schwingen die beiden in die Windrichtung aus, aber um verschiedene Winkel. Bei anfangender Zusatzlast steigt der Ausschwingungswinkel ziemlich rasch an, erreicht bei einer bestimmten Zusatzlast ein Maximum und geht dann unter noch größerer Zusatzlast langsam zurück — alles unter der Voraussetzung konstanten Winddrucks.

Es läßt sich ganz einfach nachweisen, daß die *maximale Ausschwingung eintritt, wenn das Gewicht der Zusatzlast gleich ist dem Seilgewicht q_s, vermindert um das doppelte Gewicht einer Zusatzlast vom Volumen des Seiles.*

Wir benutzen folgende Bezeichnungen:

φ_1 Ausschwingungswinkel des unbelasteten Seiles,
φ_2 maximaler Ausschwingungswinkel des belasteten Seiles,
f Durchhang des unbelasteten Seiles (einschl. Kettenlänge),
x horizontaler Phasenabstand,
y vertikaler Phasenabstand,
a Sicherheitsabstand (Abstand, der notwendig ist, um bei der vorhandenen Betriebsspannung den Überschlag zu verhindern).

Abb. 1. Phasenabstände, die notwendig sind, um Leitungszusammenschläge zu verhindern, wenn bei den angegebenen Spannweiten die angegebenen Winddrücke gleichzeitig mit der ungünstigsten Verteilung von vertikaler Zusatzlast auf die Seile wirken. Fe-Al-Kabel 120 mm².

Wir denken uns jetzt in einem Spannfeld das eine Seil belastungsfrei, das andere mit einer Zusatzlast, die gerade den maximalen Ausschwingungswinkel bedingt. Diese beiden Seile können bei Hängisolatorleitungen mit nicht zu kurzen Spannweiten immer in der Spannfeldmitte in derselben Horizontalebene hängen oder, richtiger gesagt, so hängen, daß sie beim Ausschwingen durch Winddruck in die ungünstigste Lage zueinander kommen; selbst wenn der vertikale Abstand der Leitungen an den Masten bedeutend ist, wird das durch Zusatzlast in den benachbarten Spannfeldern hervorgerufen werden können.

Unter dieser Voraussetzung gilt:

$$x = y \operatorname{tg} \varphi_2 + f \cos \varphi_1 \operatorname{tg} \varphi_2 - f \sin \varphi_1 + a.$$

Für eine bestimmte Leitung und eine bestimmte Windstärke sind φ_1, φ_2, f und a konstant, also ist $x = f(y)$ geradlinig. Hier ist vorausgesetzt, daß die Isolatorkette denselben Ausschwingungswinkel hat wie der Seilbogen; das wird selten zutreffen, weil einerseits das Gewicht und die Windfläche des Isolators sich gegenseitig anders verhalten als die für das Seil gültigen Größen, und weil anderseits die Ketten bei ungleichmäßigem Leitungsprofil mehr oder weniger von dem Seilgewicht zu tragen haben. Dadurch ergibt sich in der Rechnung ein Fehler, der aber unter normalen Verhältnissen vernachlässigt werden kann.

Ein aus obiger Gleichung berechnetes Diagramm ist in in Abb. 1 dargestellt. Denkt man sich die eine Leitung im Koordinatenanfang angebracht, so zeigt das Diagramm, in welchen Abständen eine andere Leitung angebracht werden muß, um bei den verschiedenen Spannweiten ohne Zusammenschlagen die angegebenen Winddrücke *gleichzeitig mit der ungünstigsten Verteilung der Schneelast* aushalten zu können. Aus dem Diagramm ist ersichtlich, daß bei Anbringung der Leitungen in einer horizontalen Ebene ein Abstand von 1,96 m genügt, um die Leitungen instand zu setzen, bei 350 m Spannweite

* Gekürztes Referat eines Vortrages in „Svenska Teknologföreningen", vgl. Tekn. Tidskr. 1930, H. 1.

[1] Tekniska meddelanden från Kungl. Vattenfallsstyrelsen, Ser. E, Nr. 2.

einen Winddruck von 20 kg/m² bei gleichzeitig ungünstigster vertikaler Zusatzlast auszuhalten. Wenn man, anstatt die Leitungen in einer Horizontalebene anzubringen, einen Vertikalabstand von z. B. 2 m einführt, muß der Horizontalabstand bis zu 2,9 m gesteigert werden, um zu sichern, daß die Leitungen dieselben Belastungen aushalten können.

Diese Kurven schein zu bekräftigen, daß die Anbringung der Leitungen in einer Horizontalebene die einzig richtige Lösung bedeutet. Jedoch sagen die Kurven nicht alles über die Belastungen, die die Leitungen aushalten können. Auf Grund der Abb. 1 sollte, wie schon erwähnt, ein Abstand von 1,96 m horizontal ebenso günstig sein wie ein schräger Abstand, der sich aus 2,9 m horizontal und 2 m vertikal zusammensetzt. Das ist aber nur richtig mit Rücksicht auf den kleinsten Winddruck, der unter irgendwelchen Umständen die Leitungen zum Zusammenschlagen bringen kann. Welche Kombinationen von Wind und vertikaler Zusatzlast die Leitungen aushalten können, ist in Abb. 2 dargestellt. Horizontal ist das Gewicht der Zusatzlast (spez. Gew. 0,3) aufgetragen, vertikal der zugehörige Winddruck, der unter Voraussetzung der ungünstigsten Verteilung der Schneelast die Leitungen in eine gefährliche Nähe zu einander bringen kann. Die voll aufgetragene Kurve gilt für die Phasenabstände, die bei der neuesten 132 kV-Leitung des norwegischen Staates, nämlich bei der Kraftleitung Nore—Oslo, benutzt wurde. Ein normaler Tragmast dieser Leitung ist in Abb. 3 dargestellt. Die gestrichelte Linie in Abb. 2 gilt für eine Leitung, die nach Abb. 1 die gleichen Belastungen aushalten könnnte wie die Nore-Oslo-Leitung, deren Seile aber in einer horizontalen Ebene aufgehängt sind. Wie man sieht, sind aber die Leitungen in Wirklichkeit nicht äquivalent. Die Kurven gehen zwar bis zu demselben kleinsten Winddruck herunter, sind aber sonst verschieden. Besonders wird man bemerken, daß durch die Einführung eines Vertikalabstandes die Leitungen bis zu einer Schneelast von 0,2 kg/m ganz kurzschlußsicher sind. Erst wenn eine Last dieser Größe sich auf dem oberen Seil im betrachteten Spannfeld befindet und auf dem unteren Seil in den Nachbarspannfeldern, so daß dieses im betrachteten Feld in die Höhe gezogen wird, erst dann können die Leitungen überhaupt vom Wind in gefährliche Nähe zu einander gebracht werden.

Abb. 3. Normalmast einer Leitung, deren Phasenabstände durch die hier behandelten Berechnungen bestimmt sind.

Abb. 4. Normalmast einer älteren Leitung.

Abb. 2. Diagramm der Kurzschlußsicherheit zweier Leitungen (Voraussetzungen im Text).

Es bleibt noch die Frage zu untersuchen, ob das Ergebnis dieser Berechnungen durch andere Betrachtungen, die bei der Berechnung nicht berücksichtigt sind, berichtigt werden muß. Bei der erwähnten Kraftleitung des norwegischen Staates von Nore nach Oslo ist die Frage folgendermaßen beantwortet worden:

Abb. 5. Kurzschlußsicherheit zweier Leitungen bei verschiedenen Phasenabständen.

Im größten Teil des Jahres, vielleicht in elf von den zwölf Monaten, sind die Leitungen ganz frei von verti-

kaler Zusatzlast. In dem zwölften Monat ist diese Zusatzlast an den meisten Tagen ganz gering — eine kleine Lage von Rauhreif oder Schnee. In dieser ganzen Zeit sichert man sich absolut gegen das Zusammenschlagen der Leitungen durch Einführung eines gewissen Vertikalabstandes. Wenn z. B. die Leitungen unter Einwirkung von Windstößen unregelmäßiger Stärke in Bewegung versetzt werden sollten, entweder in Form von asynchronen Pendelungen der einzelnen Seile oder in Form von unregelmäßiger Wellenbildung längs des Spannfeldes, so würde die Gefahr bestehen, daß die Leitungen zusammenschlagen, wenn sie in einer Horizontalebene angebracht wären. Außerdem hatte man bei dieser Leitung vielfach mit geneigtem Gelände zu rechnen, wie in der Abb. 3 dargestellt, und dadurch wurde man ganz natürlich dazu geführt, eine Masttype anzuwenden, wie in der Abb. 3 gezeigt. Der vertikale Abstand a wurde für alle Spannweiten gleich 2 m gewählt, der horizontale Abstand b ist je nach der Spannweite zu 2,5, 3 und 4 m berechnet. In allen Fällen wurde die Forderung zugrunde gelegt, daß die Leitungen einen Winddruck von 20 kg/m² gleichzeitig mit irgend welcher vertikalen Zusatzlast vom spez. Gewicht 0,3 aushalten sollten, ohne daß Kurzschluß durch Leitungsberührung zu befürchten war (Sicherheitsabstand 0,6 m).

Andere dynamische Zustände treten ein, wenn die Zusatzlast plötzlich abfällt, so daß die betreffende Leitung in die Höhe geworfen wird. Hätten die statischen Berechnungen, die wir beschrieben haben, zu einer vertikalen Leiteranordnung geführt, so würden sie ziemlich illusorisch gewesen sein, weil die Bewegungen der Leitungen in der vertikalen Richtung dynamisch viel größer werden können als diejenigen, die man aus den statischen Verhältnissen berechnet. Da aber, wie schon gezeigt, die Berechnungen dazu führen, daß die Kurzschlußsicherheit hauptsächlich durch horizontale Anordnung der Leitungen zu erreichen ist, so wird eine nach diesen Prinzipien gebaute Leitung auch bei der abfallenden Zusatzlast gesichert sein, weil die Bewegungen, die das Abfallen begleiten, hauptsächlich in der vertikalen Richtung stattfinden.

Bei der Leitung Nore—Oslo sind Kurzschlüsse infolge Zusammenschlagens der Leitungen noch nicht vorgekommen (2 Jahre Betrieb). Dies ist zwar eine zu kurze Zeit, um ein endgültiges Urteil aussprechen zu können, aber es ist doch wahrscheinlich, daß die Leitung in dem Maße gegen Zusammenschlagen gesichert ist, wie aus den Berechnungen hervorgeht.

Eine ältere Masttype, die bei der ersten Leitung vom Norekraftwerk benutzt wurde, ist in Abb. 4 dargestellt. Eine Darstellung ihrer Kurzschlußsicherheit ist in Abb. 5 wiedergegeben (die voll gezogene Kurve). Die Leitungen sind bis zu einer vertikalen Belastung von 0,18 kg/m gegen Zusammenschlagen gesichert. Übersteigt die Zusatzlast diesen Wert, so können die mittlere und die untere Leitung durch einen Winddruck von rd. 6,6 kg/m² zum Kurzschluß gebracht werden. Wenn die Vertikalbelastung 0,43 kg/m erreicht hat, tritt die Gefahr ein, daß die obere und die untere Leitung zusammenschlagen können, und da ihr Horizontalabstand ganz gering ist, nämlich 1,25 m, ist der zulässige Winddruck jetzt nur 2,2 kg/m². Zum Vergleich ist die Kurve für die Leitung Nore—Oslo gestrichelt eingetragen — das ist dieselbe Kurve, die in Abb. 2 voll ausgezogen ist. Es dürfte einleuchten, daß die neuere Masttype gegenüber der älteren große Vorteile besitzt, u. zw. gegenüber allen Masttypen mit hauptsächlich vertikalen Leitungsabständen.

Die elektrische Untergrundbahn in Athen.

Nach dem Weltkriege setzte im Stadtbezirk Athen eine ungewöhnliche Bevölkerungs- und Verkehrszunahme ein; beträgt doch die Einwohnerzahl der griechischen Hauptstadt einschließlich des benachbarten Piräus gegenwärtig über 1 Mill gegenüber nur 200 000 Einwohnern vor dem Kriege. Dringlich wurde demzufolge eine durchgreifende Verbesserung der Verkehrsverhältnisse und der Verkehrsmittel. Ein bedeutsamer Schritt in dieser Hinsicht ist durch die am 21. VII. 1930 erfolgte Eröffnung der rund 2,4 km langen zweigleisigen Untergrundbahn getan, einer Durchmesserlinie, die den ehemaligen Kopfbahnhof der elektrisch betriebenen Piräuslinie am Omoniaplatz und den Endbahnhof Attiki der mit Dampf betriebenen Kiphissia-Linie verbindet (Abb. 1).

Zum Bau dieser Bahn entschloß sich die Griechische Elektrische Eisenbahngesellschaft im Sommer 1927; im Herbst desselben Jahres erfolgte die Auftragerteilung für die Rohbauarbeiten an eine Arbeitsgemeinschaft zweier deutscher Großfirmen und an zwei griechische Firmen.

Abb. 1. Lageplan der Untergrundbahn.

Die Untergrundbahn verläuft vom **Omoniaplatz** in nördlicher Richtung unter der 3.-September-Straße zur einzigen Zwischenhaltestelle **Viktoriaplatz** und weiter unter der 3.-September-Straße, um in einer Krümmung von 160 m Hbm. — westlich abschwenkend — in die Kodrigtonos-Straße einzubiegen. Im weiteren Verlauf liegt sie unter der Agorakritos-Straße, verläßt bei km 2 + 255 den Tunnel und biegt im offenen Einschnitt auf einer Rampe von 22 ‰ zu dem in Geländehöhe befindlichen Bahnhof **Attiki** ein. Im allgemeinen schließt sich die Untergrundbahn der Geländegestaltung an; die überhaupt stärkste Steigung beträgt 28 ‰. Die genannten Straßenzüge waren durch eine Straßen-Dampfbahn belegt, die aber wegen des ständig zunehmenden Straßenverkehrs und nicht zuletzt wegen der mit dem Betriebe verbundenen Rauchplage Anfang 1928 stillgelegt wurde.

Der bisherige, südlich vom Omoniaplatz gelegene unterirdische Kopfbahnhof der elektrischen Piräusbahn

Abb. 2. Untergrundbahnhof Omoniaplatz.

dient nunmehr als Abstellbahnhof. Wie Abb. 1 zeigt, beginnt auch hier — an der Gleisabzweigung unterhalb der Athener Straße — der Tunnel der neuen Bahn. Der wichtigste Untergrundbahnhof ist in Abb. 2 dargestellt; er liegt am Omoniaplatz — einem Verkehrsbrennpunkt Athens — und mußte demzufolge großzügig ausgebaut werden. Zwei Eingangstreppen von 4 m Breite führen von der Mitte der Grünanlage vorerst zu einem geräumigen Fahrkartenverkaufsraum, in dem auch kleine Verkaufsläden untergebracht sind. Von diesem Zwischenstockwerk gelangt man auf gleichfalls 4 m breiten Treppen zum Mittelbahnsteig, der rd. 100 m lang und im Mittelteil 12 m breit ist. Nach den Enden hin verringert sich die Breite entsprechend der Fahrbahnkrümmung bis auf 9 bzw. 7,63 m. Der Mittelbahnsteig wird nur von den abfahrenden Reisenden benutzt. Für die ankommenden Fahrgäste dienen zwei je 4,54 m breite und 103,6 m lange Seitenbahnsteige; diese haben je zwei Ausgänge zu den Bürgersteigen am Nord- bzw. Südende des Omoniaplatzes. Unter den Podesten der Ausgangstreppen befinden sich Gepäckaufbewahrungsräume. Der hallenartig wirkende Bahnhof mißt an der breitesten Stelle 27,22 m; seine lichte Höhe beträgt 3,97 m und im Mittelteil — wegen des Zwischenstockwerks — 2,70 m. Die Seitenwände sind gekachelt. Unmittelbar neben dem Bahnhof befindet sich das unterirdische Umformerwerk für den Betriebstrom.

Der rd. 1000 m entfernte Zwischenbahnhof Viktoriaplatz ist mit zwei 100 m langen und 3,50 bis 4 m breiten Seitenbahnsteigen versehen, von denen jeder gleichzeitig dem Zu- und Abgangsverkehr dient. Von dem westlichen Bahnsteig führen zwei Treppen zum Viktoriaplatz; die beiden Treppen des anderen Bahnsteigs liegen in den Bürgersteigen der schmalen Heydenstraße.

Der konstruktive Aufbau des Tunnels ist im wesentlichen nach Berliner und Hamburger Vorbildern ausgeführt. Der Tunnel liegt meist in Lehm und Mergel, der an verschiedenen Baustellen gesprengt werden mußte. Abb. 3 zeigt den Regelquerschnitt des Tunnels in allseitig geschlossenem und gedichtetem Profil, so wie er nördlich vom Omoniaplatz durchweg ausgeführt ist. Abweichend hiervon konnten der Bahnhof Omoniaplatz und die Strecke südlich davon wegen des geringeren Grundwasserandranges mit offener Sohle hergestellt werden (Abb. 4). Hingegen mußte das bereits erwähnte unterirdische Umformerwerk am Omoniaplatz, da es einige Meter tiefer liegt als der dortige Bahnhof, völlig abgedichtet werden. Im Zusammenhang mit dem Untergrundbahnbau ist die Dükerung von insgesamt 7 Kanälen notwendig geworden.

Beim Tunnelbau mußte auf die Erdbebengefahr Rücksicht genommen werden; wenn auch Athen selbst nicht als Erdbebenzentrum gilt, liegt die Stadt doch immerhin in der Gefahrenzone. Gelegentlich des Erdbebens bei Korinth im Frühjahr 1928 ist die waagerechte Beschleunigung der in Athen aufgetretenen Erdstöße von Sachverständigen bis auf 250 mm/s² geschätzt worden.

Für den Rohbau sind rd. 8,8 Mill RM aufgewendet worden. Der Bau wurde in 3 Jahren vollendet. *W. Mk.*

Abb. 3. Regelquerschnitt des geschlossenen Tunnels.

Abb. 4. Querschnitt des Tunnels mit offener Sohle

Systematische Auswertung von Belastungsgebirgen.

Von Prof. Dr. A. **Ludin**, Berlin.

Übersicht. Aus der Gang- und Dauerlinie von Energieverlangen und -dargebot lassen sich durch Integration Energieinhalts-„Spitzensummenlinien" ableiten, deren Benutzung die Lösung vieler Aufgaben der Betriebsplanbildung, des Energie- und Wasserhaushalts und der Speicherung außerordentlich vereinfacht. Der Aufsatz zeigt die Übertragbarkeit desselben Gedankens auf das Belastungsgebirge, also aus dem Planimetrischen ins Räumliche, und führt durch Anwendung der topographischen Geländedarstellung mittels Schichtlinien wieder ins Planimetrische zurück. Die dabei erhaltenen Darstellungen des Dauerplans und Energieinhaltsplans enthalten in übersichtlicher Darstellung den wesentlichen Inhalt des Belastungsgebirges in konzentrierter und zugleich aufgeschlossener Form. Durch abermalige Anwendung des Integrationsprinzips wird aus ihnen der Dauer- und der Energieinhalts-Summenplan abgeleitet, dessen Auswertung noch einfacher möglich ist.

Zur Verfolgung und rechnerischen Erfassung des nebeneinander hergehenden Verlaufs von Energieverlangen und Energiedargebot (z. B. aus unständiger Wasserkraft) bediente man sich anfänglich in erster Linie der Ganglinien. Diese zeigen die tatsächliche Zeitfolge der zu vergleichenden Größen (z. B. stündliche Netzbelastung und mittlere tägliche Wasserkraftleistung). Das Ganglinienverfahren ist aber sehr umständlich, wenn die Darstellung des Dargebots (wie bei Wasserkraft) über viele Jahre ausgedehnt werden muß.

Abb. 1. Belastungsganglinie, Belastungsdauerlinie, Spitzensummenlinie eines beliebigen Tages. (Gewählt ist der „typische" April-September-Tag, der auch in der Abb. 2 wiederkehrt.)

I.

Eine erste Vereinfachung bestand:

a) auf der Seite des Energieverlangens in der Einführung von monats- (oder quartals-) typischen Belastungskurven,

b) auf der Seite des Energiedargebots in der Einführung von monats- (quartals-)typischen Dauerkurven (manchmal mit dem nichtssagenden bzw. sprachlich unrichtig gebildeten Ausdruck „symbolische" oder „geordnete" Leistungs- usw. Kurven bezeichnet).

Das auf diese Vereinfachungen begründete und als bekannt anzunehmende Auswertungsverfahren[1] ist sehr allgemein verwendbar und auch leistungsfähig. Es erfordert indes noch die ständig zwischendurch gehende Vornahme von planimetrischen Teilflächenbestimmungen und ist daher etwas schwerfällig.

II.

Verfasser hat seit 1910 wiederholt[2] auf eine sehr wesentliche zweite Verbesserung des Verfahrens hingewiesen. Sie beruht darauf, daß vor dem Eintritt in die Behandlung der jeweils verschieden liegenden Einzelaufgaben eine planimetrische Durchintegrierung sämtlicher zugrunde zu legenden Dargebots- und Belastungslinien (u. zw. Gang- oder Dauerlinien) vorgenommen wird, u. zw. in senkrechter Richtung. Die hierbei gewonnene, vom Verfasser „Spitzensummenlinie" genannte Integralkurve (Abb. 1) enthält[3] in nuce sämtliche wissenswerten Leistungs-, Energie- und Ausnutzungswerte der zugrunde liegenden Gang- oder Dauerlinie, aber in einer so erschlossenen Form, daß weiterhin nur noch ein Arbeiten mit dem Zirkel oder Lineal zum Entnehmen von Maßstrecken, nicht mehr mit dem Planimeter erforderlich ist. Die zu leistende Vorarbeit, die Aufstellung sämtlicher (monats- oder quartalstypischen) Spitzensummenlinien, kann von Hilfsorganen besorgt werden.

Abb. 2. Belastungsgangplan eines Jahres (Leistungschichtlinien in % der Jahresspitze beziffert).

Die einzige mit dem Verfahren verbundene einschränkende Voraussetzung ist die, daß die Aufteilung der Belastung auf verschiedene Werke „horizontal-geradlinig" erfolgt oder daß m. a. W. die „Belastungsscheiden" waagerechte Gerade sind. Für viele, namentlich generelle Vorarbeiten ist diese Einschränkung durchaus zulässig.

Das Verfahren ist nun nicht darauf beschränkt, eine Anzahl getrennter neben oder zeitlich nacheinander zu benutzender (z. B. monatstypischer) Belastungs- und Dargebots-Spitzensummenlinien aufzustellen. Vielmehr lassen sich die Dauerlinien sowohl als auch die aus ihnen abgeleiteten Spitzensummenlinien in Kartothekform zu „Dauer- und Spitzensummengebirgen" zusammenbauen, genau so wie es seit einiger Zeit für Belastungskurven im „Belastungsgebirge" üblich geworden ist. Der Übergang zur Kartothekform stellt indes lediglich für die Veranschaulichung einen Fortschritt dar, nicht aber für die graphisch-rechnerische Bearbeitung des Materials.

III.

Ein wirklicher (dritter) Fortschritt in letzterer Beziehung wird vielmehr erst erzielt, wenn Belastungsgang-, Dauer- und Spitzensummengebirge durch Höhenschichtenlinien topographisch in entsprechenden ebenen „Plänen" (Belastungsgangplan [Abb. 2], Belastungs-

[1] Vgl. Ludin, Betriebs- und Ausbaupläne usw., Z. Bauwesen Bd. 67, S. 367 (1917).

[2] Dissertation über den Ausbau der Niederdruckwasserkräfte, 1910. Weiter s. Fußn. 1 und Die Wasserkräfte, Verlag von Julius Springer, Berlin 1913.

[3] Ausführliche Nachweise vgl. Fußn. 2.

oder Dargebotsdauerplan [Abb. 3 a], -Spitzensummenplan [Abb. 4 a]) abgebildet werden.

Man kann diese z. T. neuen[4] Hilfsmittel dann u. a. folgendermaßen verwenden:

a) Zusammenstellung des Belastungsplanes eines Netzes mit dem Leistungsgangplan einer oder mehrerer Wasserkräfte und Konstruktion der Durchdringungskurven der beiden dargestellten Raumflächen nach bekannten einfachen Verfahren. Dieses elementare Verfahren[5] bietet in der Regel für die Auswertung keine Vorteile gegenüber dem Arbeiten mit einzelnen, losen (monatstypischen) Belastungs gang- und Dargebots dauerlinien nebst darin verzeichneten Spitzensummenlinien[6].

Abb. 3. a) Belastungsdauerplan (links) und b) Belastungsdauer-Summenplan (rechts) eines Jahres. Zugleich Muster für Aufzeichnung eines Dargebotsdauerplanes und Dargebotsdauer-Summenplanes (Schichtlinienbezifferung in % der Jahresspitze).

b) Zusammenstellung des Belastungs-Spitzensummenplans (Abb. 4 a) mit dem Dargebotsdauerplan (nach dem Prinzip der Abb. 3 a) und dem daraus abzuleitenden Dargebots-Spitzensummenplan (nach dem Prinzip der Abb. 4 a). Um das Verfahren (in der hier gebotenen Kürze) anzudeuten, genügt es, die Eigenschaften des Spitzensummenplanes am Beispiel eines Belastungs-Spitzensummenplanes zu zeigen (Abb. 4 a). Diese sind in der Hauptsache, wie man leicht einsieht, die folgenden:

Jede Abszisse, z. B. $s_{4_{IV}}$, einer Schichtlinie (Abb. 4a) stellt einen Spitzensummenwert, z. B. s_4, in Abb. 1 dar, d. h. die Spitzenarbeit oberhalb der Leistungshöhe 0,4 (40 % der Jahresspitze) im Beispiel. Maßstabeinheit der Spitzensummenwerte in Abb. 1 und 4 a ist dabei die „ideelle Vollarbeit“, d. i. das Produkt „Jahresspitze = „1“ mal 24 h = „1“.

Abb. 4. a) Energieinhaltsplan (oder Spitzensummenplan) (links) und b) Energieinhalts-Summenplan (oder Spitzen-Doppel-Summenplan (rechts) eines Jahres. Im linken Teil stellt jedes Flächenstück, im rechten jede waagerechte Strecke eine bezogene Energiemenge dar. Maßstabeinheit der Jahresarbeit ist: links das Rechteck mit der Grundseite „1“ und Höhe „1“; rechts die Einheit des angegebenen Arbeitsmaßstabes. Bezugsgröße ist in beiden Fällen die „ideelle Jahresvollarbeit“, d. i. das Produkt: Jahresspitze (kW) mal 8760 (h).

Eine Fläche, z. B. *abcd* (Abb. 4 a), stellt die Summe der vom Tag *ad* bis zum Tag *bc* summierten Spitzenarbeiten der einzelnen Tage, also eine nach dem Prinzip des Doppelintegrals gebildete „Spitzendoppelsumme“ oberhalb der „Belastungscheide“ *dc* (= 0,4 der Jahresspitze) dar. Eine andere, gleichfalls von *a* bis *b* reichende Fläche *abef* stellt die über denselben Zeitraum, aber tiefer herunter bis zur Leistung (z. B.) 0,2 erstreckte Spitzendoppelsumme dar. Daher stellt die Differenzfläche *dcef* den Unterschied der beiden Spitzenenergien, also das zwischen den Belastungscheide-Ebenen 0,4 und 0,2 liegende Energievolumen des „Belastungsgebirges“ dar. Daraus folgt:

Jedes beliebig begrenzte Flächenstück E_1 oder E_2 des Spitzensummenplanes stellt unmittelbar eine über die davon berührten Monate hinweg summierte (Jahres-) Energie dar! Diese Energie liegt in den einzelnen (monatstypischen) Belastungs ganglinien i. a. zwischen verschieden hohen (waagerechten) „Belastungsscheiden“, im Spitzensummenplan daher zwischen entsprechend schräg, gebrochen oder abgestuft verlaufenden Belastungscheide-Ganglinien!

Die Lage der Umrisse der Teilenergieflächen E_1, E_2 (Abb. 4 a) zu den Schichtenlinien des Spitzensummenplanes gibt unmittelbar und anschaulich die Höhen der jeweiligen Belastungscheiden an.

Aus diesen wichtigen Grundeigenschaften des Spitzensummenplanes, die sinngemäß auch für jeden Dauerplan (Abb. 3 a) gelten[7], folgt mühelos eine Reihe von Konstruktionsmöglichkeiten beim Vergleichen der zwei Höhenpläne für Belastungspitzensumme und Leistungsdargebotsdauer, auf deren nähere Ausführung hier aus Gründen der Raumbeschränkung verzichtet werden muß.

IV.

Eine letzte (vierte) Verbesserung des Verfahrens besteht nun endlich darin, daß man die bei Anwendung der Spitzensummenpläne immer noch notwendige Planimetrierung von Flächen und Flächenstücken *(E)* dieser „Pläne“ gleichfalls systematisch vorweg erledigt. Dies geschieht, indem man das Prinzip der Spitzensummenbildung ein zweites Mal, nun auch noch in der Richtung des Jahresablaufs, anwendet.

Man behandelt zu dem Zweck formal jede einzelne Höhenschichtlinie in den Dauer- und Spitzensummenplänen (Abb. 3 a und 4 a) so, als ob sie eine einfache (ebene) Belastungsgang- oder Dauerlinie (ohne topographische Bedeutung) wäre, und berechnet rein geometrisch ihre „Spitzensummenlinie“. Es handelt sich letzten Endes dabei, wie schon unter III. angedeutet, um nichts weiter als um planimetrisch-zeichnerische Bildung von Doppelintegralen in Richtung der Leistungsachse und der Jahresachse.

[4] Die erste topographische Darstellung des Belastungsgebirges („Belastungsgangplan“) findet sich im Jahresbericht 1912 des Städt. Elektrizitätswerks Zürich. Ein Dauergebirge ist erstmals vom Verfasser in Z. Bauwesen Bd. 67, S. 367 (1917) veröffentlicht worden. Das Spitzensummengebirge wird erstmals hier veröffentlicht.

[5] Vgl. die Aufsätze von R. Ascher, ETZ 1931, S. 12, sowie von R. Schneider und M. Wolf, ebenda S. 235.

[6] Wie in Z. Bauwesen 1917 entwickelt.

[7] Die Dauerlinie ist ihrer Entstehung aus der (hier nicht mitbehandelten) „Häufigkeitslinie“ nach selbst eine Spitzensummenlinie.

Das Ergebnis dieses Verfahrens ist (Abb. 4b bzw. 3b) eine Schar von „Spitzen-Doppelsummenlinien" bzw. „Dauersummenlinien", die den Höhenschichtplan der räumlich aufzufassenden „Spitzen-Doppelsummenfläche" bzw. „Dauersummenfläche" bilden.

Ein beliebiges Energievolumen E des Belastungs- oder Spitzensummengebirges, das im Spitzensummenplan (Abb. 4a) bzw. im Dauerplan (Abb. 3a) als zu planimetrierende Teilfläche E_1, E_2 usw. auftritt, erscheint dagegen im Spitzen-Doppelsummenplan (Abb. 4b) bzw. im Dauersummenplan (Abb. 3b) als gleichwertige Strecke E_1, E_2.

Die in der Abbildung 4a u. b durch gestrichelte Linien angedeutete Konstruktion dieser Strecken beruht auf folgenden Grundeigenschaften der Darstellung: Jeder Punkt P in Abb. 4a (Spitzensummenplan) entspricht einer bestimmten Leistungshöhe (Höhe der dargestellten „Gebirgsoberfläche", z. B. 0,23) und zugleich einer bestimmten vom Jahresanfang her der Höhenlinie dieses Punktes folgend aufsummiert zu denkenden Spitzen- (oder auch Grundkraft-)energie. Infolgedessen entspricht demselben Punkte P in der Abb. 4b eine bestimmte Tangentenrichtung p der gleichhohen Schichtenlinie p (z. B. 0,23) des Spitzensummenplans. Man kann also jede Punktreihe der Abb. 4a (eine „Belastungscheide") in die Abb. 4b dadurch übertragen, daß man in ihr, vom Jahresanfang her beginnend, kurze Parallelstrecken ($\parallel p$) zu den aufeinanderfolgenden, den einzelnen Punkten P in Abb. 4a entsprechenden Schichtlinientangenten p der Abb. 4b zieht. Da zwei Punktreihen P_o und P_u in Abb. 4a als obere und untere „Belastungscheide-Ganglinien" ein Energievolumen abgrenzen, so liefert die Konstruktion der zwei den Punktreihen P_o und P_u entsprechenden Parallelenzüge p_o und p_u (von einem an sich beliebig zu wählenden Hilfspunkt H aus) das Energievolumen in Gestalt einer (Differenz-) Strecke E_1 und E_2, wie in Abb. 4b angegeben. Maßstabeinheit der Spitzendoppel- und Dauersummenlinie ist das Volumen des dem Belastungsgebirge umschriebenen Würfels aus: Jahresspitze (= „1"), Tagesstundenzahl 24 (= „1") und Jahrestageszahl 365,25 (= „1") oder die „ideelle Vollenergie" des Jahres.

Zum Vergleichen von Energiedargebot und -verlangen (z. B. also zwecks Bildung der Energiebilanz-Feststellung von Überschuß- und Fehlleistungen oder -Energien) zeichnet man in den Spitzensummenplan der Belastung Abb. 4a den Spitzensummenplan des Dargebots (aus dem Dargebotdauerplan abzuleiten) in anderer Farbe ein (oder legt ihn als Pause deckend darauf). Aus der gegenseitigen Lage der gleichnamigen Höhenschichtenlinien beider Pläne ist dann leicht zu erkennen, wo Fehl- oder Überschußleistungen vorliegen und auch zugleich, in welchem Umfang (Differenzflächen, die zu planimetrieren oder durch die angegebene Übertragung in die Spitzen-Doppelsummenpläne [nach Abb. 4b] zu konstruieren sind).

Diese Energiebilanzbildung gewinnt überraschende Übersichtlichkeit und Einfachheit, wenn man die beiden zu vergleichenden Energieinhaltspläne etwas anders aufzeichnet als in Abb. 4 links geschehen: nämlich so, daß alle das dargestellte Inhaltsgebirge bildenden Spitzensummenlinien mit ihrem Fußpunkt bis an den rechten Rand des Grundriß-Rechtecks herausgehoben werden. Hierbei wird die Schichtlinie „0" eine im Grundriß senkrecht stehende Gerade, und alle anderen Schichtlinien erscheinen gegenüber Abb. 4 links wohl verzerrt, aber in denselben gegenseitigen Abständen wie dort. Die senkrechten Netzlinien des Plans (über den Teilpunkten des Arbeitsmaßstabes errichtet zu denken) erscheinen dabei als Schichtlinien der im Raum unter 1 : 1 geneigten Ebene, welche der unteren Endtangente der Spitzensummenlinie in Abb. 1 entspricht.

Die angegebenen Verfahren sind übrigens natürlich nicht auf das Gebiet der Energie- und Wasserwirtschaft beschränkt, sondern ganz allgemein auch auf alle anderen statistisch erfaßbaren Mengengruppierungen gleichartiger Größen beliebiger Art anwendbar. Eine umfassendere, ausführliche Darstellung der hier nur angedeuteten Hilfsmittel und Methoden wird bald an anderer Stelle erfolgen.

Der Kurzwellen-Fernsprechsender in Rugby.

Von H. G. Whiting, London.

Übersicht. Es wird eine neue Kurzwellen-Sendeanlage für interkontinentalen Fernsprechverkehr beschrieben, die in der Hauptfunkstelle Rugby der britischen Postverwaltung zur Aufstellung gelangte. Der Aufbau und die einzelnen Teile des Senders werden eingehend behandelt, so insbesondere die neuen „Doppelendröhren" für Kurzwellen-Sendezwecke, die vorteilhaftere Anordnung der einzelnen Senderstufen in getrennten Einheitsgeräten und die „Standard"-Anordnung der Richtantenne.

Zur Untersuchung der Verläßlichkeit des Kurzwellenverkehrs zwischen England und den V. S. Amerika wurden seinerzeit in Rugby auf der englischen und in Deal Beach auf der amerikanischen Seite Versuchstationen errichtet. Hierauf begann eine lange Reihe von vorerst versuchsweisen Messungen und Beobachtungen, die später unter betriebsmäßigem Fernsprechverkehr fortgesetzt wurden. Die Ergebnisse dieser Versuche zeigten die außerordentliche Zweckmäßigkeit der Kurzwellen-Fernsprechverbindungen, obwohl diese infolge größerer Schwankungen in der Dämpfung des Übertragungsweges bei kurzen Wellenlängen etwas weniger verläßlich als die gegenwärtig benutzten Langwellenverbindungen sind[1]. Die Wellenlängen können jedoch ziemlich rasch gewechselt werden, und es kommt selten vor, daß eine Anlage in ihrem gesamten Wellenbereich betriebsunfähig wird. Angesichts des Erfolges der Versuchstation entschloß sich das British Post Office zu einem Bauprogramm von Kurzwellenverbindungen und vergab an die Standard Telephones and Cables Ltd. einen Auftrag auf zwei Standard-Kurzwellensender für Fernspruch und Telegraphie[2], Modell IV, denen die Rufzeichen GBU und GBW zugeteilt wurden.

1. Beschreibung der Apparate.

In diesen Einrichtungen wird die Hochfrequenz bei geringer Energie erzeugt und dann durch Verstärker auf die gewünschte Ausgangsleistung gebracht. Die Apparate sind für piezo-elektrische Steuerung konstruiert; es werden hierzu sorgfältig geschliffene Quarzkristalle benutzt, die der genauen Wellenlänge entsprechen. Die Kristalle sind in besonderen Haltern befestigt, und eine Anzahl solcher Halter ist in dem in Abb. 1 gezeigten Behälter untergebracht,

Abb. 1. Thermostatisch geregelter Behälter für die Quarzkristalle. Ein Ersatzkristallhalter ist herausgenommen.

der thermostatisch geregelt wird und ein rasches Umschalten auf die gewünschte Frequenz ermöglicht. Die untere Reihe der vier Halter enthält die in Benutzung stehenden

[1] Vgl. El. Commun., deutsche Ausg., Bd. 8, Nr. 4, S. 213.
[2] Wie Fußnote 1, S. 216.

Kristalle, und der jeweils benötigte wird mit Hilfe eines Schalters ausgewählt. Die obere Reihe enthält Ersatzkristalle. Der in Verwendung stehende Kristall steuert eine 50 W-Röhre, die von der übrigen Anlage durch eine ausgeglichene Gegentaktstufe mit zwei 50 W-Röhren getrennt ist. Die Schaltung dieser Stufe ist in Abb. 2 gezeigt

Abb. 2. Brückenschaltung der ersten Verstärkerstufe.

und bildet die Grundlage für die Konstruktion aller Standard-Verstärker, die für so hohe Frequenzen Verwendung finden. Mit dieser Brückenschaltung können die Kapazitäten zwischen den Elektroden der Röhren sehr genau ausgeglichen werden. Der Kristallbehälter, die kristallgesteuerte Röhre und die Verbindungstufe bilden zusammen den Steueroszillator. Je höher die Frequenz ist, um so dünnere und zerbrechlichere Kristalle müssen verwendet werden, und die betriebsmäßige Grenze wird bei einer Frequenz von ungefähr 5000 kHz (einer Wellenlänge von 60 m) erreicht. Sind die benötigten Trägerfrequenzen höher, so hilft man sich mit zwei in Reihe geschalteten Frequenzvervielfachern, bestehend aus 250 W-Röhren, deren Anodenkreise auf das Doppelte ihrer Eingangsfrequenz abgestimmt sind, und die man so betreibt, daß ein großer Prozentsatz von Oberwellen erregt wird. Die Ausgangsfrequenz wird hierauf auf die geforderte Leistung verstärkt: erstens durch eine aus einem Paar luftgekühlter 250 W-Röhren in ausgeglichener Gegentaktschaltung bestehenden 500 W-Stufe, dann durch zwei wassergekühlte 2 kW-Röhren, ferner durch zwei 10 kW-Doppelendröhren und schließlich durch vier 15 kW-Doppelendröhren in ausgeglichener Parallel-Gegentaktschaltung. Abb. 6 zeigt das Aussehen der 2 kW-Röhren und Abb. 7 das der 10- und 15 kW-Doppelendröhren.

2. Modulierung und Tastung.

Die Modulierung für Telephonie wird in der 500 W-Stufe vorgenommen, und es werden zwei nebeneinander geschaltete 250 W-Röhren als Modulator verwendet. Wegen der Verwendung verschiedener Anodenspannungen für den Hochfrequenzverstärker und den Modulator wurde eine Abänderung der Heising-Schaltung benutzt; in die beiden Anodenkreise wurden getrennte Drosseln gelegt und die Anoden selbst durch einen Kondensator gekoppelt. Der den Modulator speisende Sprachverstärker besteht aus einer 10 W-Röhre (4205-D), die eine 50 W-Röhre (4211-D) steuert. Das Tasten erfolgt durch Aufdrücken einer hohen negativen Spannung auf die Gitter der Röhren in der 500 W-Stufe während der Zeichenabstände (oder der Zeichen), wodurch die Trägerwelle vollständig unterdrückt wird. Eine vereinfachte Schaltung des Senders ist in Abb. 3 gezeigt.

3. Wellenlänge und Leistung.

Der Sender GBU verwendet drei Wellenlängen, und die Betriebswellenlänge hängt vom Zustand der Atmosphäre ab; es sind dies: 18 620 Hz (16.10 m), 12 290 Hz (24.30 m) und 9950 Hz (30.13 m). Die Ausgangsleistung des Senders kann ein Höchstmaß von 45 kW erreichen, die normale nicht modulierte Trägerleistung für Telephonie beträgt 12 kW bei 30 m und fällt auf 9 kW bei 15 m.

4. Die Hochfrequenz-Einheiten.

Abb. 4 zeigt die Hochfrequenz-Einheitsgeräte. Die Oszillator-Modulator-Einheit auf der äußersten Linken enthält den Steueroszillator, die Frequenzvervielfacher, den 500 W-Hochfrequenzverstärker, den Sprachverstärker, die Modulatoreinrichtung, den Tastverstärker, das Tastrelais und all die notwendigen Glättungseinrichtungen für die Speiseströme dieser Einheit. Die zweite Einheit von links enthält den Zwischenverstärker (zwei 2 kW-Röhren) und die Glättungseinrichtung für die Gitter- und Anodenspannungen. Die dritte Einheit enthält den ersten Kraftverstärker (zwei 10 kW-Röhren) und die vierte Einheit den zweiten Kraftverstärker (vier 15 kW-Röhren in Parallelgegentakt).

5. Stromversorgung.

Alle Spannungen, mit Ausnahme der 10 000 V-Anodenspannung für die beiden letzten Einheiten, der besonderen Gittervorspannung des Tastgleichrichters und des Stromes für die Heizung des Kristallbehälters, werden von Umformermaschinensätzen geliefert, deren Bedienung von Schalttafeln aus erfolgt. Es sind drei solche Schalttafeln vorgesehen: die erste für die Speisung der Oszillator-Modulator-Einheit, die nächste für den Zwischenverstärker und die dritte für die beiden Kraftverstärker. Rechts von den Schalttafeln befindet sich die Sechsröhren-Gleichrichteranlage, der 10 000 V Gleichstrom für die Anodenkreise der letzten beiden Stufen entnommen werden. Die Netzspannung wird mit Hilfe zweier Dreiphasen-Transformatoren von 125 kVA auf die benötigte Spannung gebracht. Die Nullpunkte der Transformator-Sekundärseiten sind über einen Phasenausgleich miteinander verbunden, dessen Mittelpunkt zu zwei Glättungschaltungen für die Speisung des ersten und zweiten Kraftverstärkers mit Anodenspannung herausgeführt ist. Die Spannung kann zwischen 6000 und 12 000 V durch Anzapfungen und den Austausch von Stern- und Dreieckschaltung auf der Primärseite des Hochspannungs-Transformators geändert werden.

2 Sprachverstärker
3 Modulator
4 Eingang
5 Gittervorspannung
6 Relais: Fernsprechen/Telegraphieren
7 Steueroszillator
8 Kopplungstufe
9 Erreger der 1. Harmonischen
10 Erreger der 2. Harmonischen
11 550 W-Verstärker
12 Tastrelais
13 Zwischenverstärker
14 1. Kraftverstärker
15 2. Kraftverstärker
16 Ausgang zur Übertragungsleitung
17 Fernsprechen
18 Telegraphieren

Abb. 3. Vereinfachte Schaltung des Kurzwellensenders.

6. Die Maschinensätze.

Die vier Maschinenumformersätze befinden sich im Maschinensaal der Hauptstelle in Rugby, vollkommen getrennt von dem Gebäude, in welchem GBU untergebracht ist. Dies dient einem zweifachen Zweck: erstens wird der Sender von der Vibration der Maschinen nicht gestört, und zweitens stehen die Maschinen unter der Aufsicht des Maschinensaalbeamten, der sie zusammen mit den Maschinen anderer Einrichtungen instand hält. Abb. 5 zeigt einen Ausschnitt aus dem Maschinensaal; die der Kamera am nächsten stehende Maschinenreihe ist die des Senders GBU. Maschinensatz Nr. 1 besteht aus einem Motor mit Kurzschlußanker, gekuppelt mit einem 275 V-Gleichstromgenerator, der alle Einheiten mit Gittervorspannung speist. Im Maschinensatz Nr. 2 treibt ein Kurzschlußmotor einen 18 V-

Generator für die Speisung aller Heizfäden der Oszillator-Modulator-Einheit und einen zweifach bewickelten Hochspannungsgenerator an, der 1000 V und 1500 V liefert; von der 1000 V-Anzapfung wird die Oszillator-Modulator-Einheit mit Anodenspannung gespeist, die Modulatorröhren ausgenommen, welche die höhere Spannung erhalten. Der Maschinensatz Nr. 3 liefert mit einem 18 V-Generator die Energie für die Heizfäden des Zwischenverstärkers und mit zwei in Reihe geschalteten 2500 V-Generatoren die vom Anodenkreis dieser Stufe benötigten 5000 V. Maschinensatz Nr. 4 liefert den Heizstrom für beide Kraftverstärker mit einem 26 V-Generator und auch die besondere Gittervorspannung für den zweiten Kraftverstärker mit einem 275 V-Generator. Alle vorgenannten Maschinenumformersätze können von den zugehörigen Schalttafeln im Senderaum aus angelassen werden, und die verschiedenen Gleichspannungen werden mit Hilfe von Feld-Regelwiderständen, die auf den betreffenden Schalttafeln angebracht sind, geregelt. Diese Schalttafeln enthalten auch die Sicherungen aller Motoren und Generatoren.

Abb. 4. Die Hochfrequenzeinheiten des Kurzwellensenders GBU.

7. Steuer- und Sicherheitseinrichtungen.

Die Türen der Schranken, innerhalb welcher sich die Hochspannungseinrichtung befindet, sind ebenso wie die Türen und Seitenwände der Hochfrequenzeinheiten mit Sicherheitschaltern ausgerüstet, diese Schalter unterbrechen den Haltestromkreis aller Hochspannungs-Zuführungsleitungen. Damit die Spannungen nur in richtiger Reihenfolge den Einheiten zugeführt werden können, werden die Felder bestimmter Generatoren mit Schützen gesteuert, die von den zuerst anzulegenden Spannungen betätigt werden. Alle Wechselstrom- und Gleichstrom-Speiseleitungen sind gesichert, und außerdem befinden sich in allen Hochspannungs-Speiseleitungen Überstromrelais. Durch eigene Kühlwasser-Sicherungseinrichtung ist dafür gesorgt, daß keiner wassergekühlten Röhre Heiz- oder Anodenspannung zugeführt werden kann, solange nicht eine genügende Menge Kühlwasser durch die Röhren fließt.

8. Die Kurzwellenröhren[3].

Die in Abb. 6 gezeigte 2 kW-Röhrentype SS. 1966 ist eigens für Kurzwellenarbeit gebaut und besitzt keinen Röhrenfuß, um dielektrische Verluste und Spannungen zu vermeiden und die Kapazität zwischen Gitter und Heizfaden zu verringern. Sie ist mit einem Metallschirm zwischen ihrem Gitter und der Kupfer-Glas-Schmelzstelle der Anode versehen. Die Röhren dieses Typs sind in einem normalen Wassermantel aus gegossenem Messing befestigt. Abb. 7 zeigt das Aussehen der 10 kW- und 15 kW-Röhren (SS. 1968 und SS. 1971). Um die Kapazität zwischen Gitter und Heizfaden auf ein Minimum zu reduzieren, ist die Gitterzuleitung an dem den Heizfadeneinführungen gegenüberliegenden Ende der Röhre eingeschmolzen, wodurch eine „Doppelendröhre" entsteht. Da man eine solche natürlich nicht in einem normalen Wassermantel befestigen kann, ist an die Anode jeder dieser Röhren ein Wassermantel aus Kupfer angelötet.

9. Die Kühlanlage.

Die Anoden der wassergekühlten Röhren werden aus einem großen mit filtriertem Regenwasser gefüllten Behälter mit Kühlwasser versorgt; dieser Behälter speist alle Hochfrequenzeinrichtungen der Anlage. Das Wasser wird von einer Pumpe mit einem Druck, der einem Gefälle von 30,5 m entspricht, durch die Kühlanlage getrieben; diese Pumpe wird von dem Schütz gesteuert, das die Maschinensätze der ersten Hochfrequenzeinheit mit wassergekühlten Röhren (des Zwischenverstärkers) anläßt. Das Gefälle ist wegen des hohen Scheinwiderstandes der Kühlwasseranlage erforderlich, denn das Wasser fließt nicht nur durch die isolierenden Schlauchspulen, sondern auch durch die Anodenkreis-Abstimmspulen im Zwischenverstärker und in den Kraftverstärkern. Das Wasser wird in einer eigenen Anlage gekühlt, deren Wasserkühler aus einem mit Flußwasser gefüllten Behälter gespeist werden.

10. Besonderheiten der Anlage.

Die Einrichtung ist aus getrennten Einheitsgeräten aufgebaut. Jede Hochfrequenzeinheit erfüllt die ihr zugewiesene besondere Aufgabe, ohne von anderen Einheiten abhängig zu sein. Die Gitterabstimmung vermehrt bei einer Änderung der Wellenlänge den erforderlichen Spulenwechsel und das neuerliche Abstimmen, doch wird dies von der erhöhten Anpassungsfähigkeit aufgewogen. Die Änderung der Wellenlänge erfolgt durch Austausch kleiner Spulen in der Oszillator-Modulator-Einheit und in den

Abb. 5. Der Maschinensaal in der Hauptfunkstelle Rugby.

[3] Wie Fußnote 1, S. 231.

Gitterkreisen der Verstärkereinheiten sowie durch Änderung der Anschlüsse an verschiedenen Anzapfungen der Anodenkreisspulen in den Verstärkereinheiten. Die Drehkondensatoren werden nach den Angaben einer Tabelle eingestellt, und die Übertragungsleitung der letzten Einheit wird an die Leitung zur Antenne der gewünschten Wellenlänge angeschlossen. Der Ausgangs-Scheinwiderstand jeder Einheit kann mit Hilfe von Kopplungskondensatoren auf einen passenden Wert gebracht werden; das benutzte Kopplungsverfahren gestattet es, für alle Wellenlängen das gleiche Scheinwiderstands-Verhältnis zu verwenden. Jede Einheit ist von den übrigen vollständig abgeschirmt und in einem Duralumingehäuse untergebracht, dessen Rückwand, Bodenfläche und Seitenwände aus perforiertem Aluminium und dessen Vorderseite aus Schiefertafeln, mit Aluminiumblech hinterlegt, bestehen. Um die Nebenschlußwirkung der Wasserzuführung zu den wassergekühlten Röhren auf die Anodenkreise zu beseitigen, wird das Wasser den Röhren durch die Anodenabstimmspulen zugeführt,

Abb. 6. 2 kW-Kurzwellen-Oszillator- und Verstärkerröhre SS. 1966.

die aus zwei hart zusammengelöteten Kupferröhren bestehen. Die Belastungswiderstände für die Gitterspulen der Kraftverstärker sind wassergekühlt und bestehen aus nichtinduktiven Karborundumstäben. Zur Messung der Ausgangsleistung werden gleichfalls wassergekühlte Widerstände als künstliche Antenne benutzt, und die Bestimmung des Temperaturanstiegs des Wassers entlang dem Widerstand sowie der Wassermenge, welche durch die den Widerstand enthaltende Röhre fließt, ermöglichen eine genaue Messung. Die veränderlichen Ausgleichkonden-

Abb. 7. 10 kW-Kurzwellen-Oszillator- und Verstärker-Doppelendröhre SS. 1968.

satoren für die Verstärkereinheiten sind so konstruiert, daß sie schräg eingebaut werden können; sie reichen gerade von der Anode einer Röhre zum Gitteranschluß der gegenüberliegenden Röhre eines Gegentakt-Röhrenpaares. Auf diese Weise wird die Selbstinduktion des Neutralisierungskreises möglichst niedrig gehalten, und die Einstellung der Neutralisierung bleibt über den ganzen Wellenbereich des Senders praktisch konstant.

11. Die Erdungsanlage.

Alle Hochfrequenzkreise sind von der Erdungsanlage der Gehäuse und Maschinen durch Hochfrequenzdrosseln getrennt, die in alle Anodenstrom-, Gitterstrom- und Heizstrom-Zuführungsleitungen eingeschaltet sind; für die Hochfrequenzkreise wird für jede Einheit eine eigene künstliche Erde verwendet, die so klein und konzentriert wie möglich ist. Die Kabelmäntel und Wasserröhren sind an die Maschinenerdungsanlage so angeschlossen, daß keine großen Schleifen gebildet werden, die Hochfrequenzenergie auffangen und verzehren.

12. Die Überwachungseinrichtung.

Ein Überwachungspult enthält Klinken zum Prüfen an verschiedenen Stellen der Einrichtung. Solche Klinken überbrücken die ankommende Sprechleitung; sie sind den entsprechenden Klinken in den Hochfrequenzeinheiten parallel geschaltet. Zur Überwachung jeder Einheit sind kleine Gleichrichter vorgesehen, die auch zur Messung der Scheitelspannung dienen; das zugehörige Meßinstrument wird abgeschaltet, wenn man einen Stöpsel in die Überwachungsklinke einstöpselt. Der Überwachungstisch enthält außerdem den Pegelmesser eines Lautstärkeanzeigers und einen bis zu 2,3 Neper in Stufen von 0,115 Neper veränderbaren Dämpfungskasten. Die Ausgangskontrolle verfügt über einen von einem Gleichrichter gespeisten Lautsprecher.

13. Die Antennenanlage.

Die Antennenanlage von GBU umfaßt drei Felder entsprechend drei verschiedenen Wellenlängen, die zwischen vier freitragenden, 56,5 m hohen und in Abständen von ungefähr 160 m errichteten Stahlmasten angebracht sind. Die Maste selbst sind geerdet. Die meisten in Verwendung stehenden Richtantennen bestehen aus einer Zusammensetzung von entweder eine halbe oder eine viertel Wellenlänge langen Resonatoren, die in solchen Abständen angebracht oder in einem derartigen Phasenverhältnis gespeist werden, daß eine Abstrahlung nur in der gewünschten Richtung erfolgt und die Wellenfront polarisiert ist. Ein in einer waagerechten Ebene durch Nebeneinanderordnung senkrechter Resonatoren konzentrierter Strahl kann auch in einer senkrechten Ebene durch Hinzufügen von Resonatoren oberhalb der ursprünglichen Reihe zusammengedrängt werden, wenn man diese im richtigen Phasenverhältnis anschließt. Auf diese Weise wird ein Antennenvorhang aufgebaut. Ordnet man hinter dem erregten Vorhang einen genau gleichen, jedoch nicht direkt vom Sender erregten Vorhang in einer solchen Entfernung an, daß das bei der Erregung der Reflektoren durch die Resonatoren erzeugte Feld die Abstrahlung der letzteren nach vorn unterstützt und der Ausstrahlung nach hinten entgegensteht, so kann man einen weiteren Leistungsanstieg von 0,35 Neper in der gewünschten Richtung erhalten.

Die Richtantenne von GBU besitzt die Standard-Vorhanganordnung[4]; nebeneinanderliegende Paare senkrechter Resonatoren sind, wie Abb. 8 zeigt, so zusammengeschaltet, daß eine Reihe von Feldern entsteht. Die querverbindenden Zuleitungen zu den senkrechten Gliedern sind gekreuzt, um das passende Phasenverhältnis zu ergeben. Der Vorteil dieser Felderanordnung liegt in der Bildung kontinuierlicher Stromkreise, durch die man Netzstrom leiten kann, um Schnee und Eis, die die Abstimmung der Antenne erheblich beeinflussen, zu schmelzen. Jedes Antennenfeld wird von einer oberirdischen Übertragungsleitung gespeist, und die drei Freileitungen enden auf einer Glasplatte im Senderaum und können zum Anschluß an den Sender mit einem Drehschalter ausgewählt werden. Die Übertragungsleitungen bestehen aus reinem, starkem Kupferdraht und sind in einem Abstand von 25 cm gespannt. Sie sind für einen Wellenwiderstand von 600 Ω nach folgender Formel konstruiert: $Z_0 = 276 \cdot \lg \frac{2D}{d}$, worin D gleich der Entfernung zwischen den Drahtquerschnitt-Mittelpunkten, d gleich dem Durchmesser der Drähte und Z_0 gleich dem Wellenwiderstand in Ohm ist. Die Übertragungsleitungen werden auf ungefähr 4½ m hohen Holzstangen von Porzellanisolatoren getragen. Um auf den Wellenwiderstand der Antennenfelder zu transformieren, werden angepaßte Leitungen benutzt. Diese bestehen aus parallelen, eine viertel Wellenlänge langen Kupferröhren, deren Abstand verändert werden kann; letzterer wird bestimmt durch die Formel $Z_0 = Z_S Z_T$, worin Z_0 der Wellenwiderstand der Viertel-Wellenleitung, Z_S der Scheinwiderstand des Sendeendes und Z_T der End-Scheinwiderstand sind. Die Röhren sind von möglichst großem Durchmesser und haben einen ausreichenden Abstand, um die Verluste durch starke Ströme infolge stehender Wellen zu verringern.

Abb. 8. Senkrechtes Feld einer Standard-Kurzwellen-Richtantenne.

[4] Wie Fußnote 1, S. 235.

Ein Mikrozeitschalter.

(Mitteilung aus dem Institut für Starkstrom- u. Hochspannungstechnik der T.H. Dresden.)

Von L. **Binder**, Dresden.

Übersicht. Es wird eine Schaltung, bestehend aus Funkenstrecken, Widerständen und Kondensatoren, beschrieben, mit der Prüfspannungen beliebiger Dauer erzeugt werden können. Die Schaltung ist auch anwendbar für alle die Fälle, in denen im Anschluß an einen Funkenüberschlag ein zweiter Vorgang in beliebig kurzer, vorschreibbarer Zeit ausgelöst werden soll.

Bekanntlich ist die Durchschlagspannung an einem Prüfkörper stark von der Wirkdauer der Spannung abhängig; je kürzer die Beanspruchungszeit gewählt wird, desto höher liegt im allgemeinen die Durchschlagspannung. Dieser Zusammenhang ist einmal in theoretischer Hinsicht von großem Interesse, weil bei kurzzeitiger Beanspruchung eine Reihe von Einflüssen, wie z. B. Änderung der Temperatur, der Spannungsverteilung, der Struktur, ausscheiden, wir also einen Einblick in die Vorgänge beim Durchschlag unter vereinfachten Bedingungen gewinnen können[1]. Aber auch für die Praxis ist eine solche Zeit-Spannungs-Kennlinie von Bedeutung, weil bei Auftreten von Überspannungen vielfach nur geringe Wirkdauer in Frage kommt, die Isolation also in erhöhtem Maße beansprucht werden darf.

Die denkbar einfachsten Beanspruchungsverhältnisse, bei denen Gesetzmäßigkeiten für den Durchschlag am ehesten zutage treten müssen, liegen offenbar vor, wenn wir die Höhe der Prüfspannung unveränderlich halten und nur die Wirkdauer ändern, so daß sich für die Beanspruchung ein Rechteck nach Abb. 1 ergibt. Bei längeren Zeiten kann man durch die bekannten Mittel, z. B. durch Verwendung eines Schalters, der von Hand oder durch eine mechanische Vorrichtung betätigt wird, die Zeit in diesem Sinn begrenzen; man muß natürlich darauf achten, daß beim Ein- und Ausschalten der Spannung nicht Überspannungsspitzen entstehen. Da es sich um das Schalten von Hochspannung handelt, ist diese Gefahr durchaus naheliegend. Die auf dem genannten Weg erreichbaren Beanspruchungsdauern gehen hinab bis zu etwa 1 s bei Handbetätigung; mit Schnellschaltern (z. B. Helmholtzsches Pendel[2]) kommt man, wie angestellte Versuche gezeigt haben[3], etwa auf $^1/_{100}$ s kleinste Zeit. Bei Durchschlagvorgängen sind aber solche Wirkdauern immer noch als groß zu bezeichnen.

Abb. 1.

Abb. 2.

Es interessiert hier der Bereich der viel kleineren und kleinsten Zeiten. Eine Möglichkeit, Wirkdauern bis zu 10^{-8} s herab zu erzielen, ergibt sich durch die Benutzung von Wanderwellenvorgängen. Da Wanderwellen an Leitungen mit gleichbleibender und bekannter Geschwindigkeit entlangeilen, ist die Zeit, innerhalb der zwischen zwei aufeinanderfolgenden Punkten an der Leitung Spannung auftritt, genau festgelegt; es muß sein $t = x/v$, wenn x den Abstand der beiden Punkte und v die Laufgeschwindigkeit der Wellen bezeichnen. Dadurch, daß man den Abstand dieser beiden Punkte verschieden groß wählt, kann man die Zeit beliebig einstellen und auf außerordentlich kleine Werte bringen.

Nach dieser Methode wurde bereits eine ganze Reihe von Messungen[4] durchgeführt. Für die Zeitdauer von einer einmilliontel Sekunde braucht man 300 m Leitungslänge oder in Entladeschaltung 150 m; man kann Leitungen bis zu dieser Länge ohne weiteres im Laboratorium herstellen und so den Zeitbereich kleiner als 10^{-6} s beherrschen. Schwierigkeiten ergeben sich aber allmählich, wenn man auf längere Zeiten kommen will. Es sind dann schließlich Leitungen von vielen Kilometer Länge erforderlich; solche Leitungen sind zwar in unseren Hochspannungsnetzen vorhanden, sie können aber nur selten für Versuche benutzt werden. Außerdem macht sich bei so großen Längen der Abfall der Wellen infolge des ohmschen Widerstandes und anderer Einflüsse in der Leitung immer stärker bemerkbar. Es lag deswegen ein Bedürfnis nach einer Anordnung vor, mit der möglichst auch der Bereich der größeren Zeiten bis etwa 10^{-3} s herauf beherrscht werden kann; eine solche Anordnung stellt der nachfolgend beschriebene M i k r o z e i t s c h a l t e r dar.

Als Zeitelement wird hier der Vorgang der Aufladung eines Kondensators über ohmschen Widerstand benutzt. Bei konstanter Ladespannung steigt bekanntlich die Spannung am Kondensator (Abb. 2) nach einer Exponentiallinie an, deren Zeitkonstante $T = C\,R$ zu setzen ist. Die Spannung u_1 wird in der Zeit t_1 erreicht; durch entsprechende Wahl von u_1 oder des Verhältnisses $u_1 : U$ kann man daher jede beliebige Zeit t_1 erhalten. Zur Festlegung eines bestimmten Wertes von u_1 wird zum Kondensator eine einstellbare Funkenstrecke F parallel geschaltet. Für das Anlegen der Spannung an den Prüfkörper wie auch die Fortnahme der Spannung kommen bei der geforderten geringen Wirkdauer mechanische Schalter nicht in Frage; es können nur Funkenstrecken zu diesem Zweck verwendet werden, wobei an Stelle des Abschaltens ein Kurzschließen des Zuleitungskreises treten muß. Die Aufgabe, durch Vermittlung des Zeitelements die Funkenstrecken im vorgeschriebenen zeitlichen Abstand zum Ansprechen zu bringen, ist in der folgenden Weise gelöst (Abb. 3):

Abb. 3.

Als Stromquelle dient der aufgeladene Kondensator C_0; er setzt beim Ansprechen der Funkenstrecke F_a die Schiene S und damit den Prüfling unter Spannung. Der Wirkdauer soll ein Ende gesetzt werden durch Ansprechen der Funkenstrecke F_e, die bei ihrer Zündung die Stromquelle kurzschließt. Der Zeitpunkt für das Ansprechen von F_e wird durch das Zeitelement bestimmt, indem bei der Zündung an F_z durch die hier entstehende Funkenbrücke der freie Pol von F_e zum Anschluß an die untere Schiene gelangt. Für die Ausbildung von F_z gibt es verschiedene Möglichkeiten. Gut bewährt hat sich die in Abb. 3 dargestellte Anordnung, wobei der freie Pol von F_e in Form einer ebenen Zunge zwischen die Kugeln von F_z geführt ist. Natürlich ist die dadurch bewirkte Verkleinerung der Schlagweite in Rechnung zu setzen; die Überschlagspannung wird am besten durch Versuch bestimmt.

Nach diesen Gesichtspunkten aufgebaute Versuchschaltungen wurden von Cl. F r ö h m e r als Gegenstand seiner Doktorarbeit kritisch untersucht[5]. Zunächst konnte durch Aufnahmen mit dem Kathodenstrahl-Oszillographen festgestellt werden, daß die an den Versuchskörper gelangende Spannung tatsächlich den angenommenen Verlauf hat, ohne daß sich übergelagerte Schwingungen oder Überspannungspitzen einstellen. Sodann wurde klargelegt, welche Größen für die Kapazitäten und Widerstände in den einzelnen Fällen zweckmäßig zu wählen sind, und schließlich, welche Genauigkeit hinsichtlich der Wirkdauer unter den praktisch vorliegenden Betriebsbedingungen zu erreichen ist. Die Schaltung eignet sich nicht nur für die Erzeugung von Spannungstößen kurzer Dauer, sondern auch für alle die Fälle, in denen ein Vorgang in beliebig kurz vorschreibbarer Zeit im Anschluß an einen Zündvorgang zur Auslösung gebracht werden soll.

---

[1] J o s t, Arch. El. Bd. 23, S. 305 (1930). L. I n g e u. A. W a l t h e r, Arch. El. Bd. 24, S. 260 (1930).
[2] Vgl. ETZ 1931, S. 513.
[3] H. D i t t e r t, Über die elektrische Durchschlagfestigkeit von festen Isolierstoffen bei kurzzeitiger Beanspruchung unter besonderer Berücksichtigung des Einflusses von Füllstoff, Elektrodenform und Temperatur. Dissertat. T. H. Dresden 1930.
[4] L. B i n d e r, Die Wanderwellenvorgänge auf experimenteller Grundlage. Verlag Julius Springer, Berlin 1928.
[5] Cl. F r ö h m e r, Binder'scher Mikrozeitschalter, eine Schaltanordnung zum Prüfen von Isolierstoffen bei Beanspruchsdauern von $10^{-8}\ldots10^{-6}$ sec. Dissertation T. H. Dresden, März 1930. Vgl. a. die Arbeit v. W. S c h i l l i n g u. J. L e n z, ETZ 1931, S. 110.

Übersetzungsfehler und Meßfehler bei Messungen mit Wandlern.

Von G. **Hauffe**, Dresden.

Übersicht. Es wird auf die in der Literatur vorhandenen Unstimmigkeiten in der Definition von Meßfehlern und Übersetzungsfehlern bei Messungen mit Wandlern hingewiesen. Anschließend an den Versuch, die Verschiedenheit der Definition zu begründen, werden Vorschläge für eine einheitliche Definition gemacht.

In den „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Meßwandlern" des Vorschriftenbuches des Verbandes Deutscher Elektrotechniker (17. Aufl., 1. I. 1930) werden in § 11 Übersetzung und Genauigkeit wie folgt definiert:

1. Der Nennwert des Übersetzungsverhältnisses (kurz Übersetzung genannt) ist

a) bei Stromwandlern das Verhältnis des primären Nennstromes zum sekundären, ...

2. Der Stromfehler eines Stromwandlers bei einer gegebenen sekundären Stromstärke ist die prozentische Abweichung der sekundären Stromstärke von ihrem Sollwert, der sich aus der primären Stromstärke durch Division mit dem Nennwert des Übersetzungsverhältnisses ergibt.

3. Der Fehler wird positiv gerechnet, wenn der tatsächliche Wert der sekundären Größe den Sollwert übersteigt.

Für Spannungswandler ergibt sich Analoges.

Diese Fassung findet sich bereits in der 11. Auflage vom 31. XII. 1922.

Formelmäßig liefert 1. mit im übrigen selbstverständlichen Bezeichnungen:

$$\ddot{u}_N = \frac{I_{1N}}{I_{2N}}. \tag{1}$$

Ist I_{2H} der tatsächliche Wert (Hatwert) der sekundären Größe, I_{2S} ihr Sollwert, so wäre für den Stromfehler zu schreiben:

$$f_i = \frac{I_{2H} - I_{2S}}{I_{2S}} \cdot 100\,\%. \tag{2}$$

Hierbei kann nach 3. kein Zweifel über die Formulierung des Zählers bestehen. Dagegen drückt 2. nicht hinreichend klar aus, ob die Abweichung des Hatwertes vom Sollwert in Prozent des letzteren oder des Hatwertes anzugeben ist. Gl. (2) ergibt nun mit

$$I_{2H} = \frac{I_1}{\ddot{u}_H}, \quad I_{2S} = \frac{I_1}{\ddot{u}_N}$$

$$f_i = \frac{\ddot{u}_N - \ddot{u}_H}{\ddot{u}_H} \cdot 100\,\%. \tag{3}$$

Daß diese Formulierung die richtige ist, läßt sich auf Grund folgender Überlegung einsehen. Sie geht aus von der eigentlichen Aufgabe eines Wandlers, die Primärgröße mittelbar durch die sekundäre zu messen. Der bei Bestimmung von I_1 auftretende Meßfehler ist

$$f = \frac{I_{1\,\text{gem}} - I_{1\,\text{wahr}}}{I_{1\,\text{wahr}}} \cdot 100\,\%. \tag{4}$$

Über die Richtigkeit dieser Definition können kaum Meinungsverschiedenheiten bestehen. Einmal entspricht es unserem Sprachgebrauch, einen Meßfehler als positiv zu bezeichnen, wenn der gemessene Wert den wahren übersteigt; zum anderen ergibt sich der Meßfehler ordnungsgemäß unendlich groß, wenn der wahre Wert verschwindet, der gemessene Wert aber endlich ist. Gl. (4) liefert mit

$$I_{1\,\text{gem}} = I_2\,\ddot{u}_N, \quad I_{1\,\text{wahr}} = I_2\,\ddot{u}_H$$

$$f = \frac{\ddot{u}_N - \ddot{u}_H}{\ddot{u}_H} \cdot 100\,\%,$$

also Gl. (3), deren Richtigkeit damit bewiesen ist, ebenso wie die Formulierung (2).

Der Meßfehler kann nun bekanntlich seine Ursache in einer unzulänglichen Beobachtung, Methode oder Apparatur haben. Von den beiden ersteren soll abgesehen und nur der Apparatefehler besprochen werden. Zuvor aber mögen die eingangs erwähnten Unstimmigkeiten in der Literatur angeführt werden:

Schmiedel[1] definiert den Übersetzungsfehler

$$\Delta U = \frac{\text{Nennübersetzung} - \text{Hatübersetzung}}{\text{Hatübersetzung}} \tag{5}$$

und bemerkt, daß man genau genommen $\Delta U/U$ schreiben müßte und daß ferner nach dieser Definition Übersetzungsfehler und Stromfehler oder Spannungsfehler gleich seien.

Möllinger[2] definiert den Spannungsfehler

$$\Delta_k = \frac{\text{Nennübersetzung} - \text{Hatübersetzung}}{\text{Hatübersetzung}} \cdot 100\,\%, \tag{6}$$

ebenso Schering[3].

Goldstein[4] bezeichnet als Übersetzungsfehler den Ausdruck

$$f_{\ddot{u}} = \frac{\text{Nennübersetzung} - \text{Hatübersetzung}}{\text{Nennübersetzung}} \cdot 100\,\%. \tag{7}$$

Während also an einer Stelle Übereinstimmung des Übersetzungsfehlers mit dem Stromfehler behauptet wird, finden sich an anderer Stelle hierfür verschiedene Definitionen. Diese Tatsache scheint ein Beweis dafür zu sein, daß die Vorschriften nicht eindeutig genug sind. Die Verhältnisse liegen so: Durch die Unzulänglichkeit des zur Messung verwandten Apparates, durch seinen „Apparatenfehler", ergibt sich ein Meßfehler; die Zusammenhänge beider sind zu klären. Es ergibt sich nun als erstes die Frage, wie der Apparatenfehler zu definieren sei. Dies läßt sich am einfachsten an einem konkreten Beispiel erläutern. Einem Kapazitätsnormal wird im allgemeinen ein gewisser Nennwert C_N aufgedruckt sein. Der wahre Wert der Kapazität sei C_W. Dann wird man den Apparatenfehler definieren:

$$f_C = \frac{C_W - C_N}{C_N} \cdot 100\,\%. \tag{8}$$

Es entspricht wieder dem Sprachgebrauch, den Fehler als positiv anzusprechen, wenn der wahre Wert den Nennwert übersteigt, und ordnungsgemäß wird der Fehler unendlich groß, falls der wahre Wert endlich ist, während der Nennwert eigentlich Null sein sollte. Gl. (8) ergibt überdies die geläufige Schreibweise für C_W:

$$C_W = C_N\left(1 + \frac{f_C}{100}\right). \tag{9}$$

Vergleicht man mit diesem Kondensator etwa in einer Wheatstoneschen Brücke für Wechselstrom eine Kapazität C_X, so wird bekanntlich wegen

$$\frac{C_X}{C_N} = \frac{l_N}{l_X}$$

$$C_X = C_N \frac{l_N}{l_X}. \tag{10}$$

Da man der Auswertung den zu kleinen Nennwert C_N zugrunde legt, erhält man C_X also ebenfalls zu klein, der positive Apparatenfehler ergibt einen negativen Meßfehler und umgekehrt. Es ist

$$C_{X\,\text{gem}} = C_N \frac{l_N}{l_X},$$

$$C_{X\,\text{wahr}} = C_W \frac{l_N}{l_X} = C_N\left(1 + \frac{f_C}{100}\right)\frac{l_N}{l_X},$$

folglich

$$f_{C_x} = \frac{C_{X\,\text{gem}} - C_{X\,\text{wahr}}}{C_{X\,\text{wahr}}} \cdot 100 = \frac{1 - \left(1 + \frac{f_C}{100}\right)}{1 + \frac{f_C}{100}} \cdot 100\,\%. \tag{11}$$

Man kann in Annäherung schreiben:

$$f_{C_x} \approx - f_C\,\%. \tag{12}$$

Genau gilt

$$f_{C_x} = \frac{-f_C}{1 + \frac{f_C}{100}}\,\%. \tag{13}$$

[1] Schmiedel, Die Prüfung der Elektrizitäts-Zähler, Meßeinrichtungen, Meßmethoden und Schaltungen, 2. Aufl., S. 50. Verlag Julius Springer, Berlin 1924.

[2] Möllinger, Wirkungsweise der Motorzähler und Meßwandler, 2. Aufl., S. 194. Verlag Julius Springer, Berlin 1925.

[3] Geiger-Scheel, Handbuch d. Physik Bd. 16, S. 359. Verlag Julius Springer, Berlin 1927.

[4] Goldstein, Die Meßwandler, ihre Theorie und Praxis, S. 135. Verlag Julius Springer, Berlin 1928.

Nach Gl. (8) wäre der Übersetzungsfehler eines Wandlers

$$f_{ü} = \frac{ü_H - ü_N}{ü_N} \cdot 100\,\% \qquad (14)$$

zu definieren. Er unterscheidet sich also von dem nach Goldstein definierten [Gl. (7)] durch das Vorzeichen.

Der Zusammenhang zwischen dem Übersetzungsfehler nach Gl. (14) und dem Stromfehler ist durch folgende Gleichungen gegeben:

$$f_i = \frac{ü_N - ü_H}{ü_H} \cdot 100\,\%, \qquad (6)$$

$$ü_H = ü_N \left(1 + \frac{f_{ü}}{100}\right), \qquad (14a)$$

$$f_i = \frac{1 - \left(1 + \frac{f_{ü}}{100}\right)}{1 + \frac{f_{ü}}{100}} \cdot 100 = \frac{-f_{ü}}{1 + \frac{f_{ü}}{100}}\,\%$$

oder angenähert

$$f_i \approx -f_{ü}\,\%.$$

Damit befinden wir uns wieder im Einklang mit Möllinger, der bei zu großer Übersetzung von zu kleiner Sekundärspannung spricht.

Zusammenfassend sei vorgeschlagen, als Stromfehler den Ausdruck

$$f_i = \frac{ü_N - ü_H}{ü_H} \cdot 100\,\%, \qquad (3)$$

als Übersetzungsfehler den Ausdruck

$$f_{ü} = \frac{ü_H - ü_N}{ü_N} \cdot 100\,\% \qquad (14)$$

zu definieren; jedoch wird man eine der beiden Definitionen entbehren können. Weiterhin sei angeraten, in den Vorschriften den Wortlaut der zitierten Definition durch die zweifelsfreie Gl. (3) zu ergänzen.

Wird eine Leistung mit Strom- und Spannungswandler gemessen, so ist die wahre Leistung genau

$$N_W = N_{\text{gem}} \frac{\cos(\delta_u - \delta_i) + \operatorname{tg}\varphi' \sin(\delta_u - \delta_i)}{\left(1 + \frac{f_u}{100}\right)\left(1 + \frac{f_i}{100}\right)} ü_{u_N} ü_{i_N}. \qquad (15)$$

N_{gem} sekundärseitig gemessene Leistung,
$\cos\varphi'$ sekundärseitig gemessener Leistungsfaktor,
δ_u, δ_i Fehlwinkel,
f_u, f_i Spannungs- bzw. Stromfehler.

Für den Zähler des Bruches ist die Näherung üblich:

$$\cos(\delta_u - \delta_i) + \operatorname{tg}\varphi' \sin(\delta_u - \delta_i) \approx 1 + 0{,}00029\,(\delta_u - \delta_i)_{\min} \operatorname{tg}\varphi'.$$

Rechnet man mit Übersetzungsfehlern, so wird ebenso genau

$$N_W = N_{\text{gem}} [\cos(\delta_u - \delta_i) + \operatorname{tg}\varphi' \sin(\delta_u - \delta_i)] \times ü_{u_N} ü_{i_N} \left(1 + \frac{f_{ü_u}}{100}\right)\left(1 + \frac{f_{ü_i}}{100}\right). \qquad (16)$$

Die rechnerische Leistung ist in beiden Fällen

$$N_r = N_{\text{gem}}\, ü_{u_N} ü_{i_N},$$

mithin der durch

$$N_r = N_W \left(1 + \frac{f_N}{100}\right)$$

definierte Fehler der Leistungsmessung[5]

$$f_N = \frac{100 + f_u + f_i + \frac{f_u f_i}{100}}{\cos(\delta_u - \delta_i) + \operatorname{tg}\varphi' \sin(\delta_u - \delta_i)} - 100\,\%$$

oder

$$f_N = \frac{100}{[\cos(\delta_u - \delta_i) + \operatorname{tg}\varphi' \sin(\delta_u - \delta_i)]\left(1 + \frac{f_{ü_u}}{100}\right)\left(1 + \frac{f_{ü_i}}{100}\right)} - 100\,\%.$$

[5] S. a. Nützelberger, Arch. El. Bd. 20, S. 330 (1928).

Bestimmung der Amplituden von zeitlich veränderlichen Spannungen mittels Glimmlampen.

Von **Siegfried Franck**, Freiberg (Sa.).

Übersicht. Es wird angegeben, wie man bei Scheitelspannungsmessungen durch Umpolen der Glimmlampen die Meßgenauigkeit erhöhen kann; ferner wird gezeigt, wie man auch die kleinere der beiden eingrenzenden Amplituden einer zeitlich beliebig veränderlichen Spannung mit der Glimmlampe mißt.

Die Arbeit von A. Körblein[1] veranlaßte die folgenden Ausführungen, durch die auf Ungenauigkeiten beim Messen von Spannungsamplituden mittels Glimmlampen und ihre Beseitigung aufmerksam gemacht wird. Gleichzeitig wird angegeben, wie man die beiden eine zeitlich beliebig veränderliche Spannung eingrenzenden Amplituden ermitteln kann. Sinngemäß gelten die Ausführungen auch für die indirekte Strommessung, also für zeitlich beliebig veränderliche Ströme.

Auf die Grundlagen der bekannten Scheitelspannungsmessung braucht hier nicht näher eingegangen zu werden[2]. Es ist nach Abb. 1

$$U = \frac{R}{r} U_z.$$

Zündet die Glimmlampe unabhängig von der Form einer zeitlich veränderlichen Spannung bei einer bestimmten konstanten Spannung U_z zwischen den Elektroden, so kann man nach dieser Schaltung den Scheitelwert einer unbekannten, zeitlich beliebig veränderlichen Spannung U aus R/r beim Aufleuchten der Glimmlampe in einfacher Weise bestimmen.

Die Zündspannung U_z ist aber nur mit Einschränkung als Konstante zu bezeichnen. Wenn es auch gelingt, durch passende Wahl der Elektroden-Oberflächenbeschaffenheit und -Form, des Druckes und der chemischen Beschaffenheit des Füllgases usw. die Zündspannung konstant und in weiten Grenzen (bis etwa 10^6 Hz) frequenzunabhängig zu bekommen[2], so ist sie doch immer von der **Polarität** der angelegten Spannung mehr oder minder abhängig. Das gilt vor allem für Glimmlampen mit ungleichen Elektroden. Ähnlich wie bei höheren Drücken (Anfangspannung) ergibt sich meist dann ein niedrigerer Wert der Zündspannung, wenn die stärker gekrümmte Elektrode **Kathode** ist. Doch kann es bei bestimmten Verhältnissen von Krümmung und Gasdruck auch umgekehrt sein. Bei sich nicht umhüllenden Elektroden, wie sie meistens bei den handelsüblichen Glimmlampen vorhanden sind, kann auch noch die absolute Größe der Elektroden-Einzelspannungen gegen Erde oder Umgebung (z. B. bei Anbringung eines metallischen Streifens um die Lampe, der geerdet ist oder influenziert Potentiale annimmt) Einfluß auf die Zündspannung haben. In diesem Falle können auch bei genau gleichen Elektroden Polaritätsunterschiede eintreten, besonders wenn die Schlagweite groß ist im Verhältnis zur Größe und Krümmung der Elektroden.

Abb. 1. Schaltung zur Scheitelspannungsmessung.

So ergibt z. B. die Bienenkorb-Spirallampe mit Scheibe (Ebene) als zweiter Elektrode nicht bei negativem Spiraldraht, wie man zunächst annehmen könnte, die niedrigere Zündspannung, sondern bei negativer Scheibe, weil diese scharfe Ränder hat. Bei der Doppelspirallampe für Gleich- und Wechselspannung mit gleichen Elektroden zeigen sich in verschiedenen Spannungsrichtungen bis zu mehreren Prozent verschiedene Zündspannungen[3].

Beim Eichen der Glimmröhre mit Gleichspannung[4] bestimme man deshalb die Zündspannung in beiden Spannungsrichtungen; die **kleinere** Zündspannung ist zunächst als die

[1] A. Körblein, ETZ 1930, S. 1486.
[2] A. Palm, Z. techn. Phys. Bd. 4, S. 253 (1923).

[3] Z. B. S. Franck, Arch. El. Bd. 21, S. 321 (1928).
[4] Besser ist eine Eichung mit unterbrochener Gleichspannung (bis zu 20 Unterbrechungen in 1 s), weil bei manchen Glimmlampen gerade geringe Frequenzen Einfluß auf die Zündspannung haben.

eigentliche Zündspannung der Röhre anzusehen. In Abb. 2 sind für eine Röhre die beiden verschiedenen Zündspannungen $U_{z\,max}$ und $U_{z\,min}$ eingezeichnet und die beim Messen einer unbekannten, zeitlich beliebig veränderlichen Spannung (im folgenden Wechselspannung genannt, wobei aber die Spannungsrichtung sich nicht zu ändern braucht) überhaupt möglichen Fälle angegeben:

Abb. 2. Zündfälle zeitlich veränderlicher Spannungen.

Fall	Zündung bei	Umpolen d. Glimmlampe:	Zündung bei	bei gleichem Spannungsteiler-Widerstand r
Fall 1.	Zündung bei $U_{z\,min}$;	Umpolen d. Glimmlampe:	Zündung bei $U_{z\,min}$	bei gleichem Spannungsteiler-Widerstand r
„ 2.	„ „ „	„	„ „ „	„ größerem „ „
„ 3.	„ „ „	„	„ „ $U_{z\,max}$	„ „ „ „
„ 4.	„ „ „	„	„ „ $U_{z\,min}$	„ kleinerem „ „
„ 5.	„ „ $U_{z\,max}$	„	„ „ „	„ „ „ „
„ 6.	„ „ $U_{z\,min}$	„	Keine Zündung	
„ 7.	Keine Zündung	„	„ „	

Daraus ergibt sich zur Messung der Amplitude von unbekannten Wechselspannungen:

I. Große Amplitude.

1. Sind die Eichzündspannungen mit Gleichspannung in beiden Spannungsrichtungen der Glimmröhre gleich, so braucht man nur eine Wechselspannungsmessung vorzunehmen, die immer die größte Amplitude der Wechselspannung angibt:

$$U_{\text{Ampl.}} = \frac{R}{r}\, U_z.$$

2. Sind die Eichzündspannungen mit Gleichspannung in beiden Spannungsrichtungen der Glimmröhre nicht gleich, so muß man zwei Wechselspannungsmessungen vornehmen unter Umpolen der Glimmröhre; als Eichspannungswert der Röhre ist die kleinere Zündspannung ($U_{z\,min}$) anzunehmen.

a) Sind die beiden Zündspannungen der Wechselspannung gleich, dann liegen die Wechselspannungsamplituden symmetrisch zur Nullinie:

$$U_{\text{Ampl.}} = \frac{R}{r}\, U_{z\,\text{min}}.$$

b) Sind die beiden Zündspannungen der Wechselspannung verschieden, dann liegen die Wechselspannungsamplituden unsymmetrisch zur Nullinie. Die kleinere der beiden Zündspannungen ergibt die größere Amplitude der Wechselspannung:

$$U_{\text{große Ampl.}} = \frac{R}{r}\, U_{z\,\text{min}}.$$

c) Findet nur bei der einen Wechselspannungsmessung Zündung statt, so ergibt diese Zündspannung die größere Amplitude der Wechselspannung:

$$U_{\text{große Ampl.}} = \frac{R}{r_{\text{min}}}\, U_{z\,\text{min}}.$$

3. Findet gar keine Zündung bei der Wechselspannungsmessung statt, so ist $U_{\text{große Ampl.}} < U_{z\,\text{min}}$. Man muß dann eine Gleichspannung u (Abb. 3) vor die Glimmröhre schalten und nun genau so wie bei 1. und 2. verfahren. Statt U_z und $U_{z\,\text{min}}$ ist in den Gleichungen $(U_z - u)$ und $(U_{z\,\text{min}} - u)$ zu setzen.

II. Kleine Amplitude.

4. Man kann auch die kleinere Amplitude der zeitlich veränderlichen Spannung in der anderen oder der gleichen Spannungsrichtung bestimmen, wenn man von der Glimmröhre auch die größere Eichzündspannung mit Gleichspannung ($U_{z\,max}$) bestimmt hat, falls die beiden Eichzündspannungen nicht gleich sind.

Zunächst bestimmt man nach 1. oder 2. die größere Amplitude der zeitlich veränderlichen Spannung. Dann schaltet man, während die Glimmröhre so geschaltet ist, daß die kleinere der beiden Zündspannungen der Wechselspannung erhalten wird, vor der Glimmröhre die Gleichspannung u allmählich ein (Abb. 3), u. zw. in der Richtung, daß die Zündung der Glimmröhre verhindert wird (evtl. Umpolen von u). Man vergrößert u so lange, bis die Glimmröhre wieder zündet. Dann ergibt sich für die kleinere Amplitude der zeitlich veränderlichen Spannung

$$U_{\text{kleine Ampl.}} = \frac{R}{r_{\text{min}}}\,(U_{z\,\text{max}} - u).$$

Sind $U_{z\,\text{max}}$ und $U_{z\,\text{min}}$ gleich, so ist $U_{z\,\text{max}} = U_{z\,\text{min}} = U_z$ zu setzen.

Aus Abb. 4 ist das Verfahren ohne weiteres zu erkennen. Ist $u > U_{z\,\text{min}}$, so erreicht die zeitlich veränderliche Spannung nicht die Nullinie, es liegt also eine Wechselspannung vor wie im Beispiel Abb. 4, deren kleinere Amplitude durch die Gleichung auch im Vorzeichen richtig wiedergegeben wird. Nimmt man die größere Amplitude als positiv an, so ergibt sich die kleinere Amplitude auch positiv, und umgekehrt. Man hat so also ein einfaches Mittel, ohne Ventilröhren usw. nur mit einer Glimmlampe die eingrenzenden Amplituden einer zeitlich beliebig veränderlichen Spannung zu bestimmen.

Zu den Forderungen 2. und 3. kommt man, weil bei den gebräuchlichen Glimmlampen die Polarität der Zündung nicht festgestellt werden kann. Kann man sie feststellen (geeignete Elektroden wie beim Glimmlicht-Oszillographen oder der Gleichrichter-Glimmröhre), dann ist das Umpolen nach 2. nicht nötig, wohl aber die Bestimmung der Eichzündspannungen in beiden Spannungsrichtungen. Die Bestimmung der beiden eingrenzenden Amplituden nach 4. ändert sich natürlich nicht.

Abb. 3. Schaltung zur Messung der beiden Amplituden einer Wechselspannung.

Abb. 4. Messung der beiden Amplituden einer Wechselspannung.

Über neue Rostschutzfarben als Ersatz für Bleimennige.

J. F. Sacher[1] nimmt Bezug auf die im Auftrage der American Society for Testing Materials 1908 in Atlantic City vorgenommenen umfangreichen Versuche bezüglich der Korrosion verhindernden Wirkung mit Leinöl angeriebener Farben und berichtet über die Vorzüge des Arcanols, einer „Graubleimennige“, und der ölfreien Tropisco- oder Tropic-Farben gegenüber der Bleimennige. Arcanol zeichnet sich durch hohe Ausgiebigkeit, unbegrenzte Lagerbeständigkeit in streichfertigem Zustande, vorzügliche Trockenfähigkeit und geringen Ölverbrauch aus. Es stellt gleichzeitig eine Grund- und Deckfarbe dar und vereinigt auch sonst die Eigenschaften einer zuverlässigen Rostschutzfarbe. Arcanol ist eine Bleifarbe, die das Blei teils in metallischem, feinst verteiltem Zustande, teils in Form von Oxyden enthält. Die Ausgiebigkeit in streichfertigem Zustande beträgt 8 ... 10 m²/kg. Die Tropisco-Farben haben als Rostschutz-, Holzschutz-, Mauerschutz- und Schiffsfarben Bedeutung erlangt. Die Trocknung der Tropisco-Anstriche wird lediglich durch das Verdunsten des Lösungsmittels bedingt im Gegensatz zum Trockenprozeß der Ölfarben, der durch Oxydation der Öle vor sich geht. Die Anstriche sind giftfrei, lichtecht, wasser- und luftdicht, widerstandsfähig gegen Seewasser, Heißdampf, Rauchgase, Säuredünste, kältebeständig und vertragen Hitze bis zu 250 ° C. Betont wird noch, daß die Tropisco-Farben im Gebrauch billiger sind als Bleimennige und härtere Anstriche ergeben als diese. *Hrm.*

[1] Chemiker-Ztg. Bd. 54, S. 781. [RPZ]

Schalt- und Schweißoszillogramme von Rosenberg-Querfelddynamos mit Regelpolen.

Von Ing.oe **F. Knill**, Weiz.

Übersicht. Die der Schweißung mit Metallelektroden eigenen Vorgänge, der Kurzschluß und die Entlastung der Schweißmaschine anläßlich des Tropfenüberganges, werden besprochen. Die Oszillogramme dieser Vorgänge, aufgenommen an Rosenberg-Querfelddynamos mit Regelpolen und einer Schweißmaschine mit Haupt- und Nebenschlußwicklung, werden erklärt und ihr Wiederauftreten im Schweißoszillogramm festgestellt. Der Einfluß des Verhaltens der Maschine bei den erwähnten Vorgängen auf die Schweißbarkeit wird besprochen.

Die elektrische Lichtbogenschweißung hat heute im Maschinenbau in den zwei grundsätzlich verschiedenen Formen der Eisenschweißung und der Kohleschweißung ihren Eingang gefunden. Bei letzterer wird ein Lichtbogen zwischen einer Kohlenelektrode und dem Werkstück oder richtiger den beiden zu verschweißenden Werkstücken unterhalten. Im Fußpunkt des Lichtbogens schmilzt das Material, und die beiden Werkstücke verbinden sich, manchmal auch unter Beigabe von Zusatzmaterial. Wesentlich hierbei ist, daß keine Materialabgabe von der Elektrode an das Werkstück erfolgt. Für diese Art von Schweißung, die heute größtenteils bei der selbsttätigen Schweißung Verwendung findet, wird jede Dynamo verwendbar sein, die zufolge ihrer abfallenden Charakteristik für die Speisung eines Lichtbogens zwischen Kohle und Metall geeignet ist. Bei der Eisenschweißung besteht der Lichtbogen zwischen der Eisenelektrode und dem Werkstück. Hier schmilzt aber sowohl das Werkstück im Fußpunkt des Lichtbogens als auch die Elektrode, und das Material geht von letzterer zum Werkstück über. Es handelt sich also um Schweißungen mit Materialzugabe von der Elektrode. Wie die oszillographischen Aufnahmen von Bung[1] und die Filmaufnahmen von Hilpert und Thun[2] gezeigt haben, geschieht dieser Materialübergang durch viele einzelne Tropfen unter Kurzschließung des Lichtbogens. Die Eisenschweißung stellt also an die Dynamo wesentlich andere Forderungen als die Kohleschweißung, denn die Eigenschaften der Schweißmaschine müssen derart sein, daß die Aufrechterhaltung des Eisenlichtbogens trotz der vielen sekundlichen Kurzschlüsse und darauf folgender Entlastungen gewährleistet ist.

Die Marktfähigkeit einer Maschine für Eisenschweißung ist daher nicht nur durch den Preis, das Gewicht, den Leerlaufverbrauch und den Wirkungsgrad, sondern auch durch die in Zahlen nur schwer ausdrückbaren Eigenschaften bedingt, deren Vorhandensein oder Fehlen den Schweißer veranlassen zu sagen, die Maschine schweißt gut oder die Maschine schweißt schlecht. Unter den Möglichkeiten, sich ein Bild über die erwähnten Eigenschaften zu machen, ist eine die oszillographische Verfolgung des Schweißvorganges.

Der Schweißvorgang mit Eisenelektroden setzt sich aus verschiedenen Einzelvorgängen zusammen. Zum richtigen Verständnis eines Schweißoszillogrammes ist daher die Kenntnis der typischen Formen derselben nötig.

Der Schweißvorgang wird damit eingeleitet, daß die Elektrode mit dem Werkstück in Berührung gebracht, also die leerlaufende Maschine kurzgeschlossen wird. Auch bei jedem Tropfenübergang wird, wenn der Lichtbogen, wie es für gute Schweißarbeiten Voraussetzung ist, kurzgehalten wird, ein Kurzschluß erfolgen, in diesem Falle allerdings der belasteten Maschine. Der erste Grundvorgang ist also der Kurzschluß der Maschine, im weiteren als Einschaltvorgang bezeichnet. Während des Tropfenüberganges hört der Lichtbogen zu bestehen auf, da er durch den metallischen Weg ersetzt wird. Wenn dieser wieder unterbrochen wird, ist die Maschine im ersten Augenblick entlastet, ebenso wie nach der Loslösung der Elektrode beim Zünden. Der Lichtbogen muß sich erst bilden. Der zweite Grundvorgang ist also die plötzliche Entlastung der kurzgeschlossenen Maschine, im weiteren als Ausschaltvorgang bezeichnet. Der Schweißvorgang setzt sich also aus einer Aneinanderreihung von Ein- und Ausschaltvorgängen zusammen, die durch die Zeit, während welcher der Eisenlichtbogen besteht, verbunden sind.

Der Durchführung von exakten Ein- und Ausschaltvorgängen steht nichts im Wege. Die nachstehenden Oszillogramme wurden an serienerregten Rosenberg-Querfeldmaschinen mit Regelpolen, deren Theorie als bekannt vorausgesetzt wird[3], aufgenommen. Als erster Vorgang soll der Ausschaltvorgang betrachtet werden: Die kurzgeschlossene Maschine wird durch plötzliche Unterbrechung des Kurzschlußkreises entlastet. Der Hilfstrom, der zur Aufrechterhaltung des Kurzschlußstromes nötigt ist, sowie das ihn erzeugende Differenzfeld sind klein, das primäre Erregerfeld groß und stark gesättigt. Während aber das Primärerregerfeld in seinem Kreis massives Eisen enthält, nämlich den Polhals und das Joch, hat das Ankergegenfeld in seinem Pfad nur lamelliertes Eisen und Luft. Nach Unterbrechung des Kurzschlusses wird daher das Ankergegenfeld rasch verschwinden, während das Erregerfeld durch Hysterese und die Wirbelströme im massiven Eisen nur langsam abklingt. Während das Ankergegenfeld fast vollständig verschwindet, wird das Primärerregerfeld nach Beendigung des Ausgleichvorganges noch immer einen durch die Remanenz bedingten Wert haben.

Abgesehen von der Wirkung der durch die Ströme unter den kurzgeschlossenen Bürsten bedingten Felder, der Sättigung im Querfeldkreis und anderen Einflüssen, wird die Differenz zwischen Primärerregerfeld und Ankergegenfeld ein Maß der Spannung an den Klemmen der Maschine während des Ausgleichvorganges darstellen. Es wird also im ersten Augenblick nach der Unterbrechung des Kurzschlusses die Spannung rasch anwachsen, um nach Erreichung eines Maximalwertes wieder auf den durch die Remanenz bedingten Wert zu sinken. Abb. 1 gibt das Ausschaltoszillogramm einer 300 A-Maschine beim Abschalten des Nennstromes wieder. Der Strom fällt fast plötzlich auf Null. Die Spannung an den Klemmen der Maschine, die während des Kurzschlusses Null war, schnellt im Augenblick der Unterbrechung desselben plötzlich in die Höhe. Die erreichte Maximalspannung ist etwa 95 V, die Remanenzspannung 30 V.

Abb. 1. 300 A-Rosenberg-Maschine beim Ausschalten des Nennstromes.

Abb. 2. 300 A-Rosenberg-Maschine beim Ausschalten von 200 A Kurzschlußstrom.

Abb. 2 zeigt den Ausschaltvorgang einer 300 A-Maschine bei Unterbrechung eines Kurzschlußstromes von 200 A. Die Maximalspannung beträgt etwa 78 V, die Remanenzspannung 35 V.

[1] Bung, El. u. Maschinenb. Bd. 46, S. 490 (1928).
[2] Hilpert u. Thun, ETZ 1929, S. 576.
[3] E. Rosenberg, ETZ 1928, S. 43; 1929, S. 1188; Die Gleichstrom-Querfeldmaschine, Verlag Julius Springer, Berlin 1928.

Abb. 3 zeigt den Ausschaltvorgang derselben Maschine bei Unterbrechung eines Kurzschlußstromes von 100 A. Die erreichte Maximalspannung ist etwa 58 V, die Remanenzspannung 40 V. Die Maßstäbe von Abb. 1, 2 und 3 sind gleich. Wie man aus den Abbildungen ersieht, tritt der Maximalwert der Spannung bei kleineren Stromstärken später auf, aber selbst bei Abb. 3 ist er schon in 0,13 s erreicht.

Abb. 3. 300 A-Rosenberg-Maschine beim Ausschalten von 100 A Kurzschlußstrom.

Bei Maschinen verschiedener Größe ist die Zeitkonstante des Vorganges proportional dem Querschnitt des Eisenkernes. Da auch der Fluß bei gleicher prozentualer Stromstärke demselben proportional ist, ergibt sich, daß der Ausschaltvorgang bei gleicher prozentualer Stromstärke bei Maschinen verschiedener Größe gleich verlaufen wird. Die Größe der Remanenzspannung hängt von der Art der Unterbrechung und der Bürstenstellung ab.

Die rasche Spannungswiederkehr nach der Unterbrechung des Kurzschlusses ist für die Schweißfähigkeit einer Maschine von außerordentlicher Bedeutung. Wenn der Schweißstab mit dem Werkstück zum Zwecke des Zündens zur Berührung gebracht wird, bleibt er meistens etwas kleben, so daß er abgerissen werden muß. Die Geschwindigkeit, mit der sich der Stab vom Werkstück entfernt, ist nicht unerheblich. Je rascher die Spannung wiederkehrt, um so früher wird der Lichtbogen entstehen und um so leichter ist das Zünden. Unter den gleichen, den vorbesprochenen Oszillogrammen zugrunde liegenden magnetischen Bedingungen (die jedoch nach dem Tropfenübergang nicht immer vorhanden sein müssen, wie später gezeigt wird) wird auch die Spannungswiederkehr nach dem Tropfenübergang ähnlich verlaufen. Da sich aber die Ionisation der Luft vom vorhergehenden Lichtbogen noch teilweise erhalten hat, liegen die Verhältnisse günstiger.

Die richtige Erkenntnis der Wichtigkeit der raschen Spannungswiederkehr hat vielfach zur unrichtigen Annahme geführt, daß nur eine Maschine mit hoher Leerlaufspannung gute Schweißarbeit zu leisten imstande ist. Es gibt aber sehr viele Schweißmaschinen, die trotz hoher Leerlaufspannung infolge der schädlichen Rückwirkung von Nebenschlußwicklungen bei der Spannungswiederkehr nach dem Kurzschluß sehr träge sind.

Abb. 4. 250 A-Schweißmaschine mit Nebenschluß- und Hauptstromwicklung beim Ausschalten von 116 A Kurzschlußstrom.

Abb. 4 zeigt den Ausschaltvorgang einer solchen Maschine mit Haupt- und Nebenschlußerregung für 250 A bei der Unterbrechung eines Kurzschlußstromes von 116 A. Es dauert etwa 1,5 s bis die Leerlaufspannung von 76 V erreicht ist. Zufolge der Strom-Spannungs-Kennlinie dieser Maschine entspricht diesem Kurzschlußstrom ein Schweißstrom von etwa $2/3$ der Nennstromstärke. Dieser Ausschaltvorgang ist also direkt mit dem von Abb. 2 zu vergleichen. Die Rosenberg-Dynamo erreicht die Spannung von 78 V in 0,08 s, also in $1/19$ der Zeit. Noch stärker tritt der Unterschied bei kleineren Spannungen, wie z. B. bei 50 V, zu Tage. Die Rosenberg-Dynamo erreicht sie in 0,025 s, während die erwähnte Dynamo 0,9 s, also fast die 36fache Zeit braucht. Abb. 5 zeigt den Ausschaltvorgang derselben Maschine bei Unterbrechung eines Kurzschlußstromes von 180 A entsprechend vollem Schweißstrom. Die Spannungswiederkehr ist zögernd und schleichend.

Abb. 5. 250 A-Schweißmaschine mit Nebenschluß- und Hauptstromwicklung beim Ausschalten von 180 A Kurzschlußstrom.

Unter dem Titel „Making Welding-Machine Voltage more responsive to Arc Changes" (Über Versuche, die Schweißmaschinenspannung dem Lichtbogen besser anzupassen) wird in der Zeitschrift „The Welding Engineer" Januar-Heft 1930, S. 62, folgendes ausgeführt: „Eine der brennendsten Fragen auf dem Gebiete der Schweißung ist die, die Zeit der Spannungsrückkehr bei Gleichstrom-Schweißmaschinen abzukürzen. Mit dem Ausdruck „Zeit der Spannungsrückkehr" ist die Zeit gemeint, welche die Maschine braucht, um nach Unterbrechung des Kurzschlusses die Leerlaufspannung zu erreichen. Je schneller die Spannung wiederkehrt, desto besser folgt die Maschinenspannung der Lichtbogenspannung, und das Ergebnis ist ein gefügiger Lichtbogen, welcher mehr Leistung bei geringerer Mühe und Anstrengung des Schweißers bedingt."

Es wird dann berichtet, daß als Ergebnis von sechsjährigen Versuchen eine Laboratoriumsanordnung gefunden wurde, welche in nicht allzuferner Zukunft praktisch brauchbar werden soll. Es wird ein Oszillogramm gezeigt, bei welchem eine Spannung von 50 V in etwa 0,04 s erreicht wird. Der unterbrochene Kurzschlußstrom war 160 A. Es fehlt leider eine Angabe über die Größe der verwendeten Maschine. Nimmt man aber an, daß es sich um eine 200 A-Maschine handelt, so kann das Oszillogramm von Abb. 2 zum Vergleich herangezogen werden, aus welchem zu ersehen ist, daß die Rosenberg-Maschine die Spannung von 50 V in 0,025 s erreicht, bei ihr also die Spannungswiederkehr fast doppelt so schnell erfolgt als bei der angeführten Maschine.

Die zweite grundlegende Erscheinung des Schweißoszillogrammes ist der Einschaltvorgang: Kurzschluß der leerlaufenden Dynamo. Der Stromverlauf beim Einschalten eines gesättigten Eisenkreises ist aus der Literatur bekannt[4]. Bei der Rosenberg-Dynamo kommt hierzu noch,

Abb. 6. 300 A-Rosenberg-Maschine beim Einschalten eines Dauerkurzschlußstromes von 100 A.

daß die Leerlaufspannung der Dynamo und die EMK, die sich nach Beendigung des Ausgleichsvorganges einstellt, voneinander verschieden sind und daß das massive Eisen jede Änderung des primären Erregerfeldes bremst.

Es kommt daher ein Nacheilen des Primärfeldes hinter dem Strom zustande. Der starke Anfangsimpuls, der da-

[4] Rüdenberg, Elektrische Schaltvorgänge, S. 263 usw. Verlag Julius Springer, Berlin 1923.

durch entsteht, daß die Maschine mit verhältnismäßig hoher Leerlaufspannung auf sich selbst kurzgeschlossen wird, muß sich zufolge der zeitlichen Verzögerung des Primärerregerfeldes und der Wirkung der Wirbelströme als gedämpfte Schwingung auswirken. Die beiden geschilderten Vorgänge überlagern sich. Die Schwingung läßt sich am leichtesten erkennen, wenn der Regelpol der Maschine für einen kleinen Teil des Nennstromes eingestellt ist.

Abb. 6 zeigt den Einschaltvorgang einer 300 A-Maschine, welche so eingestellt war, daß der Kurzschlußstrom nach Beendigung des Ausgleichvorganges 100 A betrug. Die vorangegangene Leerlaufspannung war 40 V. Da es sich hier beim Einschalten von ⅓ der Nennstromstärke um die Errichtung eines verhältnismäßig kleinen Feldes handelt, tritt der Einschaltvorgang des gesättigten Eisenkreises hinter der Schwingung zurück. Der Normalstrom ist nach etwa 0,1 s erreicht.

Abb. 7. 300 A-Rosenberg-Maschine beim Einschalten eines Dauer-Kurzschlußstromes von 300 A.

Abb. 7 gibt den Einschaltvorgang einer 300 A-Maschine, wobei der Kurzschlußstrom gleich dem Nennstrom ist. Die vorangegangene Leerlaufspannung war 30 V. Da hier ein großes Erregerfeld aufgebaut werden muß, ist der Einschaltvorgang des gesättigten Eisenkreises deutlich ausgebildet, und der Schwingungsvorgang tritt zurück.

Abb. 8. 300 A-Rosenberg-Maschine beim Einschalten eines Dauer-Kurzschlußstromes von 200 A.

Abb. 8 zeigt den Einschaltvorgang derselben Maschine bei einer Kurzschlußstromstärke von 200 A und einer Leerlaufspannung von 33 V. Der Maßstab von Abb. 6, 7 und 8 ist gleich.

Da die Dämpfung bei ein und derselben Maschine bei verschiedenen Stromstärken ungefähr dieselbe ist und auch die Schwingungsdauer für ein und dieselbe Maschine konstant sein muß, wird die erste auftretende Stromspitze der vorangegangenen Leerlaufspannung proportional sein und bei gleicher Leerlaufspannung unabhängig von der eingestellten Stromstärke ein und denselben Wert erreichen. Aus einer Reihe von oszillographischen Aufnahmen des Einschaltvorganges wurde festgestellt, daß bei einer Leerlaufspannung von 35 V die auftretende Stromspitze rund ¾ der Nennstromstärke beträgt. Dieser Stromstoß ist daher bei gleichbleibender Leerlaufspannung relativ um so größer, je kleiner die eingestellte Stromstärke ist.

Die eben besprochenen Oszillogramme sind mit der in der Literatur[5] als Dickdrahtwicklung bekannten Erregerwicklung aufgenommen. Die Dünndrahtwicklung, die dazu angewendet wird, um auch beim Schweißen mit einem Bruchteil der Nennstromstärke günstige Verhältnisse herzustellen, ist dabei nicht benutzt.

Der Einschaltvorgang wird bei Maschinen, die unter denselben Gesichtspunkten ausgelegt wurden, bei gleicher vorausgegangener Leerlaufspannung und gleicher prozentualer Stromstärke gleich verlaufen.

[5] ETZ 1929, S. 1188.

Der Verlauf des Einschaltvorganges ist außer von den bisher besprochenen Größen auch von der Bürstenstellung abhängig.

Wie sehr verschieden das Verhalten anderer Dynamomaschinen ist, besonders solcher, die u. a. auch eine Nebenschlußerregung haben, zeigt Abb. 9, die den Einschaltvorgang der gleichen Maschine gibt, deren Ausschaltoszillogramme in Abb. 4 und 5 gezeigt wurden. Die vorangegangene Leerlaufspannung war 76 V. Der nach Beendigung des Ausgleichvorganges eintretende Kurzschlußstrom ist 176 A. Die auftretende Stromspitze ist 850 A, d. i. fast das Fünffache der eingestellten Stromstärke oder fast das 3,5fache der Nennstromstärke.

Abb. 9. 250 A-Schweißmaschine mit Nebenschluß- und Hauptstromwicklung beim Einschalten eines Dauer-Kurzschlußstromes von 176 A.

Abb. 10. 250 A-Schweißmaschine mit Nebenschluß- und Hauptstromwicklung beim Einschalten eines Dauer-Kurzschlußstromes von 125 A.

Abb. 10 gibt den Einschaltvorgang derselben Maschine bei einer Leerlaufspannung von 76 V und einer eingestellten Kurzschlußstromstärke von 125 A. Die auftretende Spitze ist 830 A. Während die Rosenberg-Dynamo etwa ¾ des Nennstromes als Spitze aufweist, hat die eben besprochene Maschine mehr als den dreifachen Nennstrom als Spitzenwert oder eine viermal so große Stromspitze wie die Rosenberg-Maschine.

Aus den vorstehend besprochenen Oszillogrammen ist zu ersehen, daß man zwischen rasch und langsam ansprechenden Maschinen zu unterscheiden hat, d. h. daß die Zeit, welche nötig ist, um von dem einen statischen Zustand in den anderen zu gelangen, bei verschiedenen Maschinen je nach der Bauart ganz erheblich verschieden sein kann. Beim Schweißvorgang folgen Kurzschluß und Eisenlichtbogen in rascher Folge aufeinander. Während die schnell ansprechende Maschine nach Durcheilen des Ausgleichvorganges die stationären Werte erreichen wird, nimmt die langsam ansprechende Maschine, je nach dem zeitlichen Verhältnis von Lichtbogen und Kurzschluß, einen mittleren magnetischen Zustand an. Bei der rasch ansprechenden

Abb. 11. Schweißoszillogramm einer 200 A-Rosenberg-Maschine bei 140 A Schweißstrom.

Maschine wird daher beim Schweißen der Ein- und Ausschaltvorgang, so wie dies die besprochenen Oszillogramme gezeigt haben, wiederkehren, während sich die träge Maschine bei Kurzschluß und Entlastung anders verhalten wird als dies die Oszillogramme Abb. 4, 5, 9 und 10 gezeigt haben.

Abb. 11 zeigt den Ausschnitt aus dem Oszillogramm einer Handschweißung mit einer 200 A-Rosenberg-Maschine bei einer Stromstärke von 140 A. Im Augenblick des Tropfenüberganges fällt die Spannung fast auf Null und schnellt

Abb. 12. Schweißoszillogramm einer 250 A-Schweißmaschine mit Nebenschluß- und Hauptstromwicklung.

bei Unterbrechung des Kurzschlusses wieder in die Höhe. Der am Beginn dieses Aufsatzes besprochene Ausschaltvorgang tritt jedoch nicht voll in Erscheinung, da die anwachsende Spannung von dem sich bildenden Lichtbogen aufgefangen wird. Der weitere Verlauf der Spannung bis zum nächsten Tropfenfall ist dann durch den Abstand zwischen Elektrode und Werkstück bestimmt. Der Strom

Abb. 13. Zündvorgang einer 300 A-Rosenberg-Maschine.

steigt im Augenblick des Kurzschlusses an. Es entsteht eine Erscheinung, welche ähnlich der beim Kurzschlußvorgang besprochenen verläuft, die sich je nach der Dauer des Kurzschlusses mehr oder weniger ausbilden kann. Wenn der Kurzschluß nach Unterbrechung des Eisenweges aufgehoben wird, muß der Strom auf den durch die Lichtbogenlänge und die Einstellung der Dynamo bestimmten Wert zurückgehen. Auch dieser Vorgang wird zufolge der besprochenen Eigenschaften der Dynamo als gedämpfte

Abb. 14. Beendigung des Schweißvorganges bei einer 300 A-Rosenberg-Maschine.

Schwingung in Erscheinung treten, wie aus dem Oszillogramm ersichtlich ist. Bis zum nächsten Tropfenübergang ist dann die Spannung durch den Elektrodenabstand und die Stromstärke durch die Kennlinie der Dynamo bestimmt und annähernd konstant. Abb. 12 zeigt zum Vergleich das Schweißoszillogramm der erwähnten Vergleichsmaschine. Der Schweißstrom ist 160 A. Während die Stromspitzen der Rosenberg-Maschine den 1,5fachen Wert des Schweißstromes erreichen, sind hier die Spitzen größer als das Zweifache des Schweißstromes.

In einem Aufsatz „Der heutige Stand der Arbeitsprüfung beim Lichtbogenschweißen" bespricht W. Fink[3] die Schweißoszillogramme verschiedener Maschinen. Abb. 5 jenes Aufsatzes zeigt ein Schweißoszillogramm, bei welchem auf den Wellenberg des Stromes ein fast gleichwertiges Wellental folgt, wie dies Abb. 11 dieses Aufsatzes zeigt. Hierzu äußert sich der Verfasser folgendermaßen: „Interessant ist das Verhalten der in Abb. 5 dargestellten Maschine, bei der infolge des zeitlichen Verlaufes der Än-

Abb. 15. Oszillogramm des Schweißvorganges an einem Gleichstromnetz von 52 V mit Vorwiderstand.

derungen zweier Felder den Stromspitzen sofort eine fast gleichwertige Abnahme des Stromes folgt. Diese symmetrischen Schwingungen der Stromkurve müssen sich bei der Wärmeentwicklung fast als Strom von unveränderlicher Stärke auswirken." Abb. 3 des gleichen Aufsatzes zeigt ein Schweißoszillogramm, bei welchem die Stromspitzen nur nach einer Richtung weisen. Der Verfasser

Abb. 16. Zündvorgang beim Schweißen an einem Gleichstromnetz von 52 V mit Vorwiderstand.

bemerkt hierzu: „Der praktische Schweißer bezeichnet die Arbeitsweise der Maschinen mit ausgeprägten hohen Stromspitzen als hart. Schon diese Art der Bezeichnung deutet darauf hin, daß die großen Stromspitzen den Schweißprozeß beeinflussen, was sich übrigens auch durch starkes Spritzen, d. h. Sprühfunken bemerkbar macht."

Abb. 13 zeigt einen Ausschnitt aus dem Oszillogramm einer Handschweißung mit einer 300 A-Maschine bei einer

Abb. 17. Beendigung des Schweißvorganges nach Abb. 16.

Stromstärke von 160 A, u. zw. den Zündvorgang. Die Stromstärke verläuft — solange die Elektrode mit dem Werkstück in Berührung ist — so, wie es von den Einschaltoszillogrammen her bekannt ist, um dann bis zum ersten Tropfen annähernd konstant zu bleiben. Da die Elektrode erst schmelzen muß, fehlen die Tropfen kurz nach dem Zünden.

Abb. 14 zeigt das Ende eines Schweißvorganges mit einer 300 A-Maschine und einer Schweißstromstärke von 160 A durch beabsichtigtes Entfernen der Elektrode vom Werkstück. In diesem Falle tritt der Ausschaltvorgang

[3] Elektroschweißung 1930, Märzheft.

in seinem vollen Verlauf in Erscheinung, nur erfolgt die Unterbrechung zufolge des bestehenden Lichtbogens nicht plötzlich.

Zum Vergleich zeigt Abb. 15 den Verlauf des Schweißvorganges an einem Gleichstromnetz von 52 V Spannung unter Zwischenschaltung eines Widerstandes, so daß die Kurzschlußstromstärke 200 A beträgt. Typisch hierbei ist der abgehackte Verlauf der Vorgänge. Sowohl der Strom als auch die Spannung nehmen den Endwert fast ohne jeden Ausgleichvorgang an.

Abb. 16 gibt den Einschaltvorgang und Abb. 17 das Abreißen des Lichtbogens der gleichen Anordnung wieder. Der normale Schweißvorgang dauert noch 0,2 s; dann beginnt der Schweißer die Elektrode zu entfernen, die Spannung steigt, bis bei 0,4 s der Lichtbogen abgerissen und der Strom Null geworden ist.

Während die Oszillogramme die Verfolgung der Einzelvorgänge während Bruchteilen von Sekunden gestatten, gibt das schreibende Amperemeter nur jene Vorgänge wieder, welche zufolge ihrer größeren zeitlichen Erstreckung mit einem thermischen Effekt verbunden sind.

Abb. 18 zeigt den Ausschnitt aus einem Registrierstreifen, welcher den Schweißstrom beim Niederschmelzen einer Elektrode unter Benutzung der besprochenen Fremdmaschine wiedergibt; Abb. 19 zeigt dasselbe bei Benutzung der Rosenberg-Maschine.

Abb. 18. Ausschnitt aus einem Registrierstreifen: Stromverlauf beim Niederschmelzen eines Schweißstabes mit einer 250 A-Schweißmaschine mit Nebenschluß- und Hauptstromwicklung.

Abb. 19. Ausschnitt aus einem Registrierstreifen: Stromverlauf beim Niederschmelzen eines Schweißstabes mit einer 300 A-Rosenberg-Maschine.

Einrichtung zur Umschaltung des Lichtnetzes von Drehstrom auf Gleichstrom.

Von A. **Tschermak**, Prag.

In vielen Anstalten, speziell Herzstationen, welche mit registrierenden Galvanometern höherer Empfindlichkeit arbeiten, ergeben sich unliebsame Störungen durch Mitschwingen der Galvanometersaite, welche auch bei Eisenpanzerung des Raumes fortbestehen, solange Wechsel- bzw. Drehstrom im gleichen Raume, ja auch nur in demselben Gebäude den Licht- und Kraftanlagen zugeführt wird. Erst dessen vollständige dreipolige Ausschaltung läßt ideale Saitenruhe und damit die Möglichkeit reinlicher Beobachtung und Registrierung eintreten.

Um aber den sonstigen Betrieb in der Anstalt nicht zu stören, muß danach getrachtet werden, gleichzeitig das ganze Lichtnetz mit Gleichstrom zu speisen. Stehen, wie in dem Physiologischen Institut der Deutschen Universität in Prag, zeitweilig mittels Umformers vom Dreiphasenstrom her geladene Akkumulatorenbatterien zur Verfügung, so läßt sich günstigenfalls durch zweckmäßige Zusammenschaltung ein Maschinensatz von derselben Spannung gewinnen, wie sie dem städtischen Dreiphasenstrom entspricht (in Prag 120 V indiziert). Dann kann unter Herstellung geeigneter Verbindungen das gleiche Lichtnetz bald auf Drehstrom, bald auf Gleichstrom geschaltet werden. Die erforderlichen Zusatzleitungen sind aus Abb. 1, welche die Leitungen für ein einziges Stockwerk des genannten Institutes darstellt, ohne weiteres zu ersehen.

Ich faßte den Plan, zu diesem Behufe zwei von den drei Phasenleitungsdrähten (nämlich z und y) mit dem positiven Pole der Akkumulatorenbatterie, hingegen den dritten Phasenleitungsdraht (x) mit dem negativen zu verbinden und nach diesem Pole noch aus der Fortsetzung des Phasendrahtes y durch eine besondere (4.) Hilfsphase abzuleiten. Letztere wird übrigens auch bei Drehstromeinschaltung benutzt, um nach Umlegen des Schlüssels[1] S_3 für das betreffende Stockwerk die Fortsetzung der Drahtphase y über „Hilfsphase" und „Umschaltungsdraht" mit der Drahtphase z zu verbinden. Der Beleuchtungseffekt bei Schaltung auf Drehstrom und auf Gleichstrom ist kaum merklich voneinander verschieden.

[1] Die Umlegerichtung von S_2 und S_3 ist nur aus Gründen der Übersichtlichkeit gegensinnig gezeichnet. Um Kurzschluß bei falscher Bedienung zu vermeiden, empfiehlt sich eine Kupplung der Schalter S_1 und S_2.

Abb. 1. Schema der Umschaltung von Drehstrom auf Gleichstrom gleicher Spannung.

Wohlfeile Diapositive.

Die Verwendung von Lichtbildern in Vorträgen erfährt bisweilen eine unliebsame Beschränkung infolge des Mangels an Mitteln oder Zeit zur Beschaffung zahlreicherer Diapositive. Zeitraubend und kostspielig ist das photographische Herstellungsverfahren; wird dieses ausgeschaltet, dann ist es ein leichtes, Diapositive schnell und billig anzufertigen, die — insbesondere für Vorträge technischen Inhalts — Darstellungen in Strichmanier oder Schrift (Tabellen) wiedergeben sollen.

Als ein sehr gut geeignetes wohlfeiles Material zur schnellen Anfertigung wohlfeiler Diapositive hat sich Cellophan[1] erwiesen, eine Zellulosehaut, die — ohne störende Struktur — in einer Stärke von etwa 0,04 mm fast wie Klarglas wirkt. Es ist nicht feuergefährlich. Auf Cellophan läßt sich fast gleich gut wie auf Zeichenpapier mit Ausziehtusche zeichnen und farbig anlegen. Auch Schreibmaschinenschrift darauf ist für Lichtbilder verwendbar. Zeichen- oder Schreibfehler dürfen nicht durch Radieren beseitigt werden, weil dadurch Flecke entstehen, die — projiziert — fast schwarz erscheinen. Dennoch lassen sich sehr gut Korrekturen ausführen. Zu diesem Zweck wird das Cellophanblatt doppelt genommen (Abb. 1). Um ein Verschieben zu verhüten, wird ein

Abb. 1. Doppelblatt aus Cellophan.

Blatt, zweimal so lang oder breit wie das Diapositiv, in der Mitte gebrochen. Auf der einen Hälfte des Blattes wird gezeichnet oder geschrieben. Ist etwas zu verbessern, so wird die Fehlerstelle mit scharfem Messer herausgeschnitten und die Verbesserung auf der zweiten Hälfte des (zugeklappten) Blattes eingetragen. Flecke, die z. B. durch Anfassen auf dem Cellophanblatt entstehen, können mit Spiritus und Benzin abgewischt werden. Die Tuschezeichnung wird dadurch nicht verdorben.

Das Cellophan-Diapositiv wird in ein Scharnier gelegt, das aus zwei Glasplatten besteht, die an einem Rande durch einen aufgeklebten Papier- oder Kalikostreifen miteinander verbunden sind. Am gegenüberliegenden Rand wird das Glasscharnier nach dem Einlegen des Cellophans durch eine übergeschobene schmale Blechklammer zusammengehalten. Die Zahl der Glasscharniere braucht höchstens für einen Vortrag auszureichen; die Cellophanblätter können leicht ausgewechselt werden.

Die Aufbewahrung der Diapositive geschieht zweckmäßig raumsparend ohne Glas.

Die Verwendung unvollständiger Lichtbilder bei Vorträgen nach dem Vorschlag von W. Grix[2] könnte bei Benutzung der Cellophan-Diapositive wahrscheinlich beträchtlich erweitert werden.

Ein ähnliches Mittel zum Ersatz gläserner Diapositive benutzte um 1900 schon R. M. Friese während seiner akademischen Tätigkeit an der T. H. München. Friese ließ auf einen gewöhnlichen Film oder klares Pauspapier Zeichnungen auftragen oder auch selbst Abdrucke von Klischees, die ja von vielen Dingen zu haben sind. Die Armierung dieser Folien geschah mit dünnen Glasplatten, wie solche in der Photographie abfallen. P. Kaspareck.

[1] Cellophanhaus, Berlin, Friedrichstr. 72.
[2] ETZ 1930, S. 1108.

Mitteilungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

Bekanntmachung über Prüfungen und Beglaubigungen durch die Elektrischen Prüfämter[1].

Nr. 299.

Auf Grund des § 10 des Gesetzes vom 1. VI. 1898, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, werden dem System 100 folgende Elektrizitätszählerformen als Zusatz eingereiht.

Zusatz zu System 100, die Formen D 7/50 und ZD 7/52, Induktionszähler für mehrphasigen Wechselstrom mit eingebauter Kontaktvorrichtung, hergestellt von der **Siemens-Schuckertwerke Aktiengesellschaft in Nürnberg.**

Berlin-Charlottenburg, den 15. IV. 1931.

Der Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.
Paschen.

Beschreibung.

Zusatz zu System 100,

die Formen D 7/50 und ZD 7/52, Induktionszähler für mehrphasigen Wechselstrom mit eingebauter Kontaktvorrichtung, hergestellt von der Siemens-Schuckertwerke Aktiengesellschaft in Nürnberg.

Die Zähler der Formen D 7/50 und ZD 7/52 sind für solche Mehrphasen-Wechselstromanlagen bestimmt, bei denen zwei messende Systeme zur Messung der verbrauchten elektrischen Arbeit bei beliebig verteilter Belastung und bei beliebigen Phasenverschiebungen genügen. Die Zähler können ohne Zusatzapparate für Nennstromstärken von 3 ... 30 A, für Nennspannungen bis 650 V und für Nennfrequenzen von 40 ... 60 Hz beglaubigt werden.

Die Triebsysteme der Zähler der Form D 7/50 stimmen mit denen der Zähler der Form D 7 (Bekanntmachung Nr. 166 vom 4. IX. 1923, ETZ 1923, S. 963) überein, jedoch sind die Wickeldaten geändert. Ferner ist die Anordnung der Triebsysteme gegenüber derjenigen bei den Zählern der Form D 7 geändert, indem beide Triebsysteme auf die untere Triebscheibe und die beiden Bremsmagnete auf die obere Triebscheibe einwirken. Außerdem sind die Zähler der Form D 7/50 mit der gleichen Kontaktvorrichtung für Fern- und Summenmeßzwecke ausgerüstet, wie sie die durch die Bekanntmachung Nr. 289 vom 8. X. 1930 (ETZ 1930, S. 1750) zur Beglaubigung zugelassenen Drehstromzähler der Form D 8/50 aufweisen. Die Zähler der Form D 7/50 stimmen demgemäß in ihrem Aufbau mit den Zählern der Form D 8/50 überein mit dem Unterschied, daß das auf die obere Triebscheibe wirkende Triebsystem fortgelassen ist und daß die Wickeldaten andere sind. Die Kontaktvorrichtung und der Fern- bzw. Summenmeßapparat sind in die Zulassung zur Beglaubigung nicht miteinbegriffen.

In der Ausführung als Doppeltarifzähler ohne eingebaute Uhr führen die Zähler die Formbezeichnung ZD 7/52. Die Doppeltarifeinrichtung ist die gleiche, wie sie die durch die Bekanntmachung Nr. 230 vom 3. XII. 1926 (ETZ 1927, S. 326) zur Beglaubigung zugelassene Ausführungsform der Zähler der Form ZD 7 aufweist.

Ein auf dem Gehäuse der Zähler der Formen D 7/50 und ZD 7/52 angebrachtes plombierbares Schildchen gibt an, welcher Bruchteil einer Kilowattstunde je einer Kontaktgabe entspricht. Die höchste bei den Zählern zur Verwendung kommende Kontaktfrequenz beträgt 20 Kontaktgaben je Minute bei Nennbelastung der Zähler.

Ein weiteres Schildchen trägt die Aufschrift: Die Kontaktvorrichtung ist von der Beglaubigung ausgeschlossen.

Die untersuchten Zähler hatten bei Nennlast ein Drehmoment von etwa 14,2 ... 15,0 cmg. Sie liefen bei induktionsloser Drehstrombelastung mit etwa 0,6 % des Nennstromes an. Das Ankergewicht wurde bei einem Zähler zu 84 g, die Drehzahl der Zähler zu etwa 40 ... 48 U/min bei Nennlast ermittelt. Der Eigenverbrauch in den Spannungskreisen belief sich bei 110 V Nennspannung auf etwa 2 · 1,10 W und bei 650 V Nennspannung auf etwa 2 · 1,77 W bei der Frequenz 50 Hz. Der Eigenverbrauch in den Hauptstromkreisen betrug bei 5 A Nennstromstärke etwa 2 · 1,07 W und bei 30 A Nennstromstärke etwa 2 · 1,95 W bei der Frequenz 50 Hz.

[1] Reichsministerialblatt 1931, S. 327.

RUNDSCHAU.

Elektromaschinenbau.

Beiträge zur oberwellenfreien Gleichstrommaschine. Die Grundwelle und ihre Unterdrückung. — In der Drahttelephonie und für manche Zwecke der Radio- und Meßtechnik liegt das Bedürfnis vor, an Stelle von Akkumulatoren Maschinen zur Stromlieferung zu verwenden. Dabei ergeben sich Schwierigkeiten, die darauf zurückzuführen sind, daß die Gleichstrommaschine üblicher Bauart keinen reinen, sondern einen pulsierenden Gleichstrom liefert, also der Gleichspannung eine Wechsel-EMK überlagert ist. Diese Wechsel-EMK setzt sich in der Hauptsache aus zwei Wechselwellen verschiedener Frequenz zusammen, einer niederfrequenten Grundwellen-EMK und einer höherfrequenten Oberwellen-EMK. Aus einer allgemeinen Gleichung für den Momentanwert der an den Bürsten auftretenden rotorisch und transformatorisch induzierten Anker-EMK ergibt sich, daß die auftretende Wechsel-EMK durch periodische Änderung der Ankerumfangsgeschwindigkeit, der spezifischen Ankerwindungszahl und des magnetischen Kraftflusses verursacht sein kann, dessen Änderung seinerseits wieder infolge periodischer Änderung der Leitfähigkeit des magnetischen Kreises der Maschine oder infolge von Ankerremanenz bedingt sein kann. Eine periodische Änderung der Leitfähigkeit des magnetischen Kreises ist aber nur durch Änderung des Luftspaltes oder der Leitfähigkeit des Ankereisens infolge Änderung des Eisenquerschnittes und der Länge der Kraftlinienwege im Anker oder infolge von Unterschieden der spezifischen magnetischen Leitfähigkeit der Ankerbleche in den verschiedenen Magnetisierungsrichtungen möglich. Es zeigt sich also, daß die angeführten Entstehungsursachen der Wechsel-EMK, abgesehen von einer etwaigen periodischen Änderung der Ankerwinkelgeschwindigkeit, alle durch besondere Eigenschaften des Ankers der Maschine bedingt sind, die entweder in der Ankerwicklung oder im Ankereisen liegen.

Abb. 1. Flußänderung der Versuchsmaschine bei eingebautem Versuchsanker mit nicht versetzten Blechen und 3100 U/min bei Resonanz für Grundwellenfrequenz im Prüfspulenkreis.

Auf Grund eingehender Untersuchungen der einzelnen Entstehungsursachen ergab sich ein neues Verfahren[1] zur Unterdrückung der niederfrequenten Kraftflußschwankung in der Maschine und damit der Grundwellen-EMK, das darauf beruht, alle geometrischen und magnetischen Unsymmetrien des Ankereisens durch eine besondere Art des Ausstanzens und Zusammensetzens der Ankerbleche auszugleichen. Zur experimentellen Nachprüfung des Verfahrens wurden zwei aus dem gleichen Dynamoblech zusammengesetzte genutete und unbewickelte Versuchsanker von gleichen Abmessungen hergestellt, der eine nach dem üblichen, der zweite nach dem neuen Verfahren. Der Versuch bestätigte die Richtigkeit des Verfahrens und ergab zahlenmäßig folgendes Resultat:

Die Amplitude der mittels Prüfspulen auf den Polkernen einer zweipoligen Versuchsmaschine oszillographisch aufgenommenen zeitlichen Grundwellen-Flußänderung (gestrichelte Welle in Abb. 1) betrug bei Verwendung des in üblicher Weise hergestellten Versuchsankers bei 3100 U/min und Resonanz mit Grundwellenfrequenz im Meßkreis ± 13,7 Maxwell entsprechend ± 0,02 % des mittleren wirksamen Gesamtflusses der Maschine. Der nach dem neuen Verfahren hergestellte Anker dagegen ergab, wie Abb. 2 zeigt, in derselben Versuchsmaschine, ebenfalls bei Resonanz mit Grundwellenfrequenz im Meßkreis und unter sonst genau gleichen Versuchsbedingungen wie vorher, eine Grundwellen-Flußänderung, deren Amplitude auf den außerordentlich kleinen Betrag von höchstens ± 0,57 Maxwell entsprechend ± 0.0007 % des mittleren wirksamen Gesamtflusses der Maschine herabgedrückt ist. Trotz der verhältnismäßig geringen Anzahl von Ankerblechen (72 Stück), aus denen dieser Anker bestand, ist also die Grundwellen-Flußschwankung auf einen so kleinen Betrag zurückgegangen, daß sie praktisch als verschwunden gelten kann. (K. Euler, Arch. El. Bd. 24, H. 2, S. 230.)

Abb. 2. Flußänderung der Versuchsmaschine bei eingebautem Versuchsanker mit versetzten Blechen und 3100 U/min bei Resonanz für Grundwellenfrequenz im Prüfspulenkreis.

[1] DRP. 502 809.

Apparate.

Erdschlußschutz für Generatoren. — Wenn Generator und Transformator eine Einheit bilden, ist es bei Erdschluß-Schutzvorrichtungen für den Generator allgemein üblich, seinen Sternpunkt über einen Widerstand zu erden und bei einem Erdschluß im Generatorkreis entweder die Spannung an diesem Widerstand oder den Strom, der durch ihn fließt, zu messen. Mit Rücksicht auf die Induzierung von der Oberspannungseite des Transformators bei einem Erdschluß auf dieser ist es einerseits erwünscht, diesen Widerstand möglichst klein zu halten, anderseits erforderlich, ihn möglichst groß zu bemessen, damit bei einem Erdschluß im Generatorkreis selbst kein zu großer Erdschlußstrom fließt.

Abb. 3. Erdschlußschutz für Generatoren.

Abb. 4. Kennlinie der Lampen L.

Nach einem Vorschlag der Elektrizitäts AG. vorm. W. Lahmeyer & Co. wird die Erdung nicht wie bisher über unveränderliche, sondern über spannungsabhängige Widerstände vorgenommen. Zwischen Generatornullpunkt und Erde ist ein Spannungswandler S gelegt (Abb. 3), dessen Sekundärseite durch die spannungsabhängigen Eisen-Wasserstoff-Widerstände B und L belastet ist. In Reihe mit den Lampen L liegt das Relais R. Die Kennlinie der Lampen

(Abb. 4) zeigt, daß ihr bei kleinen Spannungen unveränderlicher Widerstand mit steigender Spannung stark wächst, der Strom mithin auf einen annähernd gleichbleibenden Wert begrenzt wird. Die Anordnung wirkt also so, daß der auf die Primärseite des Wandlers *S* bezogene Widerstand bei nicht ergiebiger Spannungsquelle klein ist. Überspannungen, die vom Netz über die Kapazität zwischen den Wicklungen des Transformators in den Generatorkreis gelangen, werden z. B. durch den verhältnismäßig kleinen Widerstand ohne Gefahr abgeleitet. Erst wenn im Generator ein Erdschluß auftritt, ist die an den Klemmen des Wandlers *S* liegende Spannungsquelle ergiebig genug, die Eisenwiderstände zu erwärmen, wobei durch die Zunahme des Widerstandes der maximale Erdschlußstrom auf den vierten bis fünften Teil desjenigen herabgesetzt wird, auf den man ihn bei festen Widerständen begrenzen kann. Im Kocherkraftwerk Ohrnberg des Gemeindeverbandes Überlandwerk Hohenlohe-Öhringen sind zwei Maschinen, die mit einer Spannung von 3 kV auf Transformatoren mit der Oberspannung 15 kV arbeiten, so geschützt. Der größte Erdschlußstrom beträgt nur 80 mA. Bei nicht sehr großer Oberspannung des Transformators kann die Induzierung durch eine besondere Schaltung nahezu ganz beseitigt werden. Durch eine weitere, von Pohl vorgeschlagene Anordnung läßt sich sogar ein 100prozentiger Generatorschutz erreichen, wenn an den Sternpunkt eine Hilfspannung angelegt wird, die z. B. von einem zum Anschluß von Meßinstrumenten benötigten Fünfschenkelwandler mit abgenommen werden kann.

Für Maschinen, die unmittelbar auf das Netz arbeiten, kommt der wattmetrische Erdschlußschutz in Frage, wobei die Stromspule des Erdschußrelais an parallel geschaltete Sekundärwicklungen in den drei Phasen und im Nulleiter liegender Stromwandler und die Spannungspule an einen primärseitig zwischen dem Sternpunkt des Generators und Erde geschalteten Spannungswandler gelegt wird. Diese und ähnliche Unsymmetrieschaltungen haben den Nachteil, daß sie nicht immer störungsfrei arbeiten. Nach Vorschlägen der Elektrizitäts AG. Lahmeyer benutzt man zweckmäßig einen Unsymmetriewandler mit Schubwicklung (Abb. 5), auf dessen Eisenkern z. B. 10 parallel geschaltete Spulen gleichmäßig aufgebracht sind, an welche die Stromspule *s* des Erdschlußrelais angeschlossen wird. Dieser Wandler wird durch Fremdfelder nicht beeinflußt, die Summe der Ströme ist nahezu unabhängig von der Lage der durch den Eisenkern hindurch geführten Netzleiter und wird mit größter Genauigkeit, z. B. 0,1 ‰, gebildet. Die Empfindlichkeit des Wandlers läßt sich durch Aufbringen einer Tertiärwicklung noch weiter erhöhen, an die zum Ausgleich der Magetisierungströme ein Kondensator angeschlossen wird, wodurch bei Anwendung von Resonanzkreisen gleichzeitig ein sehr weitgehender Schutz gegen Oberwellen erreicht werden kann.

Abb. 5. Unsymmetriewandler mit Schubwicklung.

Bei Verwendung wattmetrischer Relais geht die Empfindlichkeit des Erdschlußschutzes mit der Annäherung des Schlusses an den Nullpunkt quadratisch zurück. Die Leistung der meist verwendeten Einstabstromwandler kann nicht künstlich erhöht werden. Dagegen können an die wesentlich stärker belastbaren Spannungswandler Einrichtungen angeschlossen werden, die geeignet sind, die Spannung an der Spannungspule des Relais nahezu unveränderlich zu erhalten, gleichgültig an welcher Stelle der Maschine der Erdschluß auftritt. Hierzu dient z. B. eine zwischen Sternpunkt der Maschine und Erde liegende Anordnung, die durch Reihenschaltung von drei parallel geschalteten Eisenwiderständen und einem kleinen Transformator gebildet wird, dessen Sekundärseite mit einem Kondensator und der Spannungspule des Relais belastet ist. Der Kondensator dient dazu, den Blindstromverbrauch der Spule und den Magnetisierungstrom des Transformators zu decken, so daß der Wandler wie ein Ohmscher Widerstand wirkt und vermieden wird, daß die Spannung am Relais einen Winkel mit der Spannung am Spannungswandler einschließt. In etwas anderer Weise läßt sich die Spannung an der Relaisspule unabhängig von der Spannung am Nullpunktwandler und unveränderlich halten, wenn diese Spule in Parallelschaltung mit einem Kondensator und drei Glimmlampen mit der Sekundärwicklung eines Wandlers verbunden wird, dessen Primärseite über einen festen Widerstand an die Sekundärseite des Nullpunktwandlers angeschlossen wird. Da die Glimmlampen bei kleinen Spannungen keinen Strom aufnehmen, ihr Widerstand aber mit steigender Spannung sehr stark sinkt, wird die Spannung an der Relaisspule annähernd unveränderlich gehalten. Durch die Vereinigung der beschriebenen Schaltungen ist es zu erreichen, daß bereits bei einer Spannung am Nullpunktwandler von 10 % der Phasenspannung am Relais die volle Spannung auftritt. Die Empfindlichkeit des Erdschlußschutzes nimmt dabei mit Annäherung des Gestellschlusses an den Sternpunkt nicht mehr quadratisch, sondern nur linear ab. Bereits der Reststrom des mit Erdschlußspulen kompensierten Netzes genügt, um 80 ... 90 % der Maschinenwicklung zu schützen. Neuerdings wird der Schutz häufig so ausgeführt, daß die Summe der Ströme jeder Phase allein durch einen Wandler gebildet wird. Für jede Maschine sind dann drei Wandler nötig, die gleichzeitig für den Differential- und Erdschlußschutz verwendet werden. Bei der bekannten Unsymmetrieschaltung der Wandler ist auch in diesem Falle nur ein Erdschlußrelais erforderlich. Die Wicklungen werden bei diesen Wandlern auf einen Rechteckrahmen mit Mittelsteg gelegt, wovon die auf dem Mittelsteg liegende zum Anschluß von Maximalrelais und Stromzeigern, die Wicklungen auf den äußeren Schenkeln für die Differential- und Erdschlußrelais dienen. Die Abmessungen der Wandler sind so gering, daß sie unmittelbar an dem Klemmbrett der Maschine untergebracht werden können. (W. Bütow, Elektrizitätswirtsch. Bd. 29, S. 301.) *O. N.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

Messung der magnetischen Verluste an Eisenblechstreifen bei homogener Sättigung. — Ausgehend von dem Eisenprüfapparat nach Epstein werden die Forderungen für einwandfreie Messungen dieser Art dargelegt. Es wird diskutiert, auf welchem Weg und in welchem Maß diese Forderungen erfüllt werden können; diese Überlegungen werden durch experimentelle Untersuchungen bestätigt und ergänzt. Hieraus wird eine Jochanordnung für Wechselstrommessungen entwickelt, bei welcher die magnetomotorische Kraft für den Abfall des magnetischen Potentials im Schlußjoch durch zusätzliche Amperewindungen auf dem Joch geliefert wird. Dadurch bildet sich im Probebündel eine homogene Sättigung aus, so, als ob es ein Teil eines unendlich langen Kerns in einer unendlich langen Spule wäre. Die zugehörige Feldstärke ergibt sich aus dem Strom in der das Probebündel umhüllenden Spule. Die Einstellung des Hilfstromes erfolgt nach einem einfachen Kompensationsverfahren.

Es ergibt sich hieraus eine Methode der Messung der Eisenverluste für eine Teilstrecke des magnetischen Kreises bei homogener Sättigung, die bis auf die Einflüsse von Temperatur und Formfaktor der Spannungskurve von jeder Korrektion frei ist. Gleichzeitig liefert diese Messung die wahren Werte der zugehörigen effektiven Feldstärken nach Amplitude und Phase. Vergleichsmessungen mit dem Epstein-Apparat weisen bei höheren Sättigungen Differenzen auf, deren Erklärung durch zusätzliche Wirbelstromverluste im Epstein-Apparat versucht wird. Die Fehlerquellen der neuen Jochmethode und der Messungen mit dem Epstein-Apparat werden eingehend diskutiert.

Die Arbeit ist ein Auszug aus einer Dissertation an der Universität Frankfurt a. M. Die Dissertation selbst enthält noch eine kritische Übersicht über die Ring- und Jochmethoden der magnetischen Eisenprüfung sowie eine vergleichende Besprechung der verschiedenen Definitionen des Voreilwinkels der Feldstärke vor der Induktion. Hierbei findet eine Erfahrungsregel für die Eisenverluste ihre theoretische Begründung. (J. Schneider, Arch. El. Bd. 24, H. 5, S. 651.)

Beleuchtung.

Künstliches Licht im Gewächshaus. — Eine Sondernummer der Zeitschrift „Der Blumen- und Pflanzenbau", betitelt „Künstliches Licht im Gewächshaus", erschienen im Dezember 1930, enthält Aufsätze von Ludwigs, L. Schneider, Vogl und Weinhausen, die als interessante Beiträge über die Wirkung der elektrischen Beleuchtung auf das Pflanzenwachstum[1] anzusehen sind.

Der erste Aufsatz „Das Licht als Lebensfaktor" bringt die physiologischen Grundlagen für die Vorgänge bei der Photosynthese. Dieselbe kann nur erfolgen, wenn der grüne Farbstoff, das Clorophyll, vorhanden ist, das aber auch nur bei Licht in den Blättern entsteht. Es werden aus Kohlensäure, Wasser und organischen Salzen organische Stoffe gebildet und Sauerstoff abgeschieden. Die zu diesem Vorgang erforderliche Energie liefert das Licht. Die Höhe der Assimilation hängt in gewissem Grade von der Menge der vorhandenen Grundstoffe ab, d. h. sie be-

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1296; 1930, S. 368, 1100.

ginnt erst bei einem gewissen Minimum, steigt aber nicht in dem Maße wie die Zunahme dieser Grundstoffe. Für diese sogenannten Wachstumsfaktoren, zu denen auch das Licht zählt, gilt das Gesetz des Minimums, welches aussagt, daß das Pflanzenwachstum von dem Wachstumsfaktor abhängt, der im Minimum vorhanden ist. Die Lichtabsorption beträgt etwa 80 %, davon wird aber nur etwas weniger als 1 % für die Assimilation verwendet, während die übrige Energie zur Wasserverdampfung verbraucht wird. Von dem Licht im roten Teil des Spektrums wird am meisten absorbiert, und es ist dieser Teil derjenige, der die Energie für die Photosynthese liefert. Grüne Lichtstrahlen werden nur sehr wenig absorbiert; ein zweites, aber niedrigeres Maximum der Absorption ist im blauen Teil des Spektrums. Dieser Teil bewirkt eine Wachstumshemmung, d. h. er verhindert das unnatürliche Längenwachstum der Pflanzen. Die Photosynthese beginnt und endet mit der Beleuchtung; bei der Wachstumshemmung dagegen ist ein Nachklingen vorhanden, d. h. erst einige Zeit nach Beginn der Beleuchtung macht sich die Wachstumshemmung bemerkbar. Da in der Nacht überhaupt keine ausreichende Beleuchtung vorhanden ist, ist in dieser Zeit das Längenwachstum am stärksten. Ein weiterer Wachstumsfaktor ist auch die Temperatur. Die Temperaturgrenze, unter der die Assimilation aufhört, hängt von dem Breitegrad ab.

Der zweite Aufsatz „Die Bedeutung der Anwendung von künstlichem Licht für den Gartenbau" behandelt die Frage, die zur Durchführung der Versuche im Interesse des Gartenbaues führten. Der Erwerbsgärtner beherrscht heute die Wachstumsfaktoren Kohlensäure, Wasser, Düngung mit organischen Salzen und Temperatur bei seinen Gewächshauskulturen während des Winterhalbjahres, nur den Wachstumsfaktor „Licht" noch nicht. Im Winterhalbjahr sind die Tage kürzer und trüber, auch geht durch die Verglasung der Gewächshäuser ziemlich viel Licht verloren, so daß den Pflanzen zu wenig Licht zur Verfügung steht. Der Gärtner muß also bei der Wahl seiner Kulturzeiten neben den Absatzverhältnissen beobachten, ob er genügend Tageslicht für die Pflanzen erwarten kann. Um diesem Mangel an Tageslicht abzuhelfen, scheint besonders die elektrische Glühlampe infolge ihrer spektralen Energieverteilung sehr günstig zu sein. Aber alle bisherigen Versuche sind als Laboratoriumsversuche anzusehen, da aus ihnen keine Schlüsse auf die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens zu ziehen sind. Die später beschriebenen Versuche wurden deswegen in Erwerbsgärtnereien mit den damit verknüpften Vor- und Nachteilen durchgeführt. Vor allen Dingen sollte eine große Zahl von Versuchspflanzen praktisch verwertbare Ergebnisse bringen, wobei individuelle Eigenschaften der Pflanzen ausgeschaltet werden.

Der dritte Aufsatz „Praktische Versuche und ihr Ergebnis" bringt Einzelheiten über Versuche in einer Gemüsegärtnerei und in einer Blumengärtnerei. In der Gemüsegärtnerei wurde bei einer Beleuchtungstärke von 220 Lux auf dem Boden durch zwei Versuche festgestellt, daß die Zusatzbeleuchtung ein stärkeres Blattwachstum bei Kopfsalat erzielt, so daß bei der Ernte ein Mehrgewicht von 20 und 25 % vorhanden war. Die Kosten sind jedoch ziemlich beträchtlich, weshalb die Wirtschaftlichkeit in diesem Falle noch unsicher ist. Bei Kohlrabi ergab sich ebenfalls ein stärkeres Blattwachstum, aber eine schlechtere Knollenbildung, so daß man annehmen kann, daß in diesem Falle mit einer gewöhnlichen Glühlampe ein günstiges Resultat nicht möglich ist. Umfangreichere Versuche mit im Gegensatz zu früheren Versuchen genauer Feststellung der Wirtschaftlichkeit wurden in einer Blumengärtnerei durchgeführt. Um schneller zum Ziel zu kommen, hatten zwei Versuchsfelder Zusatzbeleuchtung und ein drittes Versuchsfeld keine Zusatzbeleuchtung, um Vergleichsergebnisse zu erhalten. Nach einigen Vorversuchen wurde im ersten Versuchswinter festgestellt, daß sowohl eine Zusatzbeleuchtung von 835 Lux als auch eine solche von 120 Lux, die 3 h vor Sonnenaufgang eingeschaltet wurde, Begonien der Klasse „Lorraine" und Hortensien mit merklichem Zeitgewinn zum Blühen brachte. Der Unterschied zugunsten der stärkeren Zusatzbeleuchtung war jedoch so gering, daß die Beleuchtungsstärke von 120 Lux wirtschaftlicher sein wird. Im zweiten Versuchswinter wurden mit denselben Blumenpflanzen die Versuche durchgeführt, aber diesmal die Zusatzbeleuchtung so geändert, daß Feld A eine Zusatzbeleuchtung von 220 Lux bei 15 Hellstunden, Feld B eine Zusatzbeleuchtung von 120 Lux bei 12 Hellstunden, Feld C wiederum keine Zusatzbeleuchtung hatte. Unter Hellstunden ist die Gesamtzeit von natürlicher Tageslänge und Dauer der Zusatzbeleuchtung zu verstehen. Das Wachstum wurde durch Wertung nach Wachstumstufen der Blüte, welche etwa in 10tägigen Abständen bei der Entwicklung erreicht werden, festgehalten und die Ergebnisse kurvenmäßig dargestellt. Daraus sieht man, daß die Wachstumsbeschleunigung, die auch hier wieder eintritt, von Stufe zu Stufe größer wird, d. h. also, die Zusatzbeleuchtung ist in jedem Wachstumsabschnitt fördernd. Für die letzte Wertungstufe, die die Verkaufsfertigkeit darstellt, sind auch diesmal merkliche Zeitgewinne erzielt worden, u. zw. die größten durchweg für die Zusatzbeleuchtung von 120 Lux bei 12 Hellstunden. Das wirtschaftliche Ergebnis, welches aus Gegenüberstellung von Verkaufspreis, Gestehungskosten und Beleuchtungskosten erhalten wird, zeigt als Beispiel die folgende Zahlentafel.

Wirtschaftliches Ergebnis eines Versuches mit einstieligen Hortensien

	Zusatzbeleuchtung		keine Zusatzbeleuchtung
	220 Lux 15 Hellst.	120 Lux 12 Hellst.	
Versuchszeit	72,5 Tage	71,7 Tage	81,9 Tage
Verkaufspreis	152 Pf/Stck.	160 Pf/Stck.	134 Pf/Stck.
Gestehungskosten	12 „	12 „	14 „
Beleuchtungskosten	14 „	6 „	
Gesamtkosten	26 „	18 „	14 „
Mehrerlös	18 „	26 „	
Mehrkosten	12 „	4 „	
Mehrgewinn durch Zusatzbeleuchtung	6 „	22 „	

Die Gestehungskosten enthalten die Kosten für die Abschreibung, Verzinsung und Unterhaltung des Gewächshauses, die Wartung und die Heizung; die Beleuchtungskosten, die Kosten für die Abschreibung und Verzinsung und Unterhaltung der Beleuchtungsanlage, den Lampenersatz und den Stromverbrauch (zugrunde gelegt 10 Pf/kWh). Für die beleuchteten Pflanzen wurde in allen Fällen ein höherer Verkaufspreis und durch die frühere Verkaufsfertigkeit eine Ersparnis an Gestehungskosten erzielt. Die Beleuchtungskosten sind größer als diese Ersparnis, es ergibt sich aber trotzdem in allen Fällen eine Erhöhung des Reingewinnes, wie sich aus der Gegenüberstellung von Mehrerlös und Mehrkosten ergibt. Besonders günstig schneidet stets die Versuchsgruppe mit der Zusatzbeleuchtung von 120 Lux bei 12 Hellstunden ab.

Der vierte Aufsatz „Unter welchen Umständen kann künstliche Beleuchtung wirtschaftlich sein?" bringt noch einige allgemeine Hinweise auf Grund der Versuchsergebnisse. Die Wirtschaftlichkeit dürfte bei einem günstigeren Tarif noch besser sein, so daß sich die Anwendung der künstlichen Zusatzbeleuchtung schneller durchsetzen würde. Durch günstige Ausgestaltung des Nachtstromtarifes dürfte dadurch für die Elektrizitätswerke ein höherer Nachtstromverbrauch gesichert werden.

Im fünften Aufsatz „Technische Ausführung der Beleuchtungsanlage" sind die nötigen Hinweise zum Einbau für den Installateur gegeben, wie Beleuchtungskörper, Aufhängung und Wirkungsgrad. (Der Blumen- u. Pflanzenbau 45. Jg., Sonderheft „Künstliches Licht im Gewächshaus".) *Vl.*

Heizung. Öfen.

Zur Theorie der elektrischen Heizung. — Die Erwärmung eines Körpers durch Induktions- oder Leitungströme wird aus der Absorption der Leistung bestimmt, die der Körper aus dem Felde der elektrischen Energie entnimmt. Das elektromagnetische Kraftfeld, in das der elektrische Leiter bei Stromdurchgang eingebettet wird, bildet demnach die Ursache der Energieumsetzung, während die elektrischen Ströme nur Wirkungen dieses Feldes sind. Durch die Betrachtung der Strömung des elektromagnetischen Feldes werden die physikalischen Verhältnisse eingehender und gründlicher behandelt als durch die bisherigen Methoden. Die neue Darstellungsweise gestattet, mit geringeren mathematischen Mitteln den Zusammenhang zwischen Erwärmung, Energieabsorption, räumlicher Feldverteilung der elektromagnetischen Kräfte im Leiter, Widerstands- und Selbstinduktions-Änderungen des Leiters klar zu erkennen.

Die elektrische Strömung in einem Leiter wird durch Wellenbewegung charakterisiert, die stark gedämpft ist, der Absorptionskoeffizient ist im praktischen Maß

$$\beta = 2\pi \sqrt{\frac{\mu f}{\varrho}} \cdot 10^{-5}, \qquad (1)$$

wo ϱ der spezifische elektrische Widerstand in $\Omega\,cm^2/m$, μ die Permeabilität des Leiters und f die Frequenz der elektrischen Strömung bedeuten. Der reziproke Wert des Absorptionskoeffizienten β ist die Abklingstrecke. Sie bezeichnet die Weglänge, auf der die Amplitude der elek-

trischen bzw. magnetischen Kraft oder des Stromes beim Vordringen auf den e-ten Teil des ursprünglichen Wertes gesunken ist. Fortpflanzungsgeschwindigkeit und Wellenlänge der in einen Körper eindringenden elektrischen Welle lassen sich wie folgt aus der Abklingstrecke berechnen:

$$l_0 = \frac{1}{\beta}, \quad v = \omega\, l_0 = \frac{\omega}{\beta}, \quad \lambda = 2\pi\, l_0 = \frac{2\pi}{\beta}.$$

Die von einem Körper aus dem elektrischen Kraftfeld entnommene Leistung, die im Körper als Joulesche Wärme zur Wirkung kommt, ist

$$L = \frac{O\,\mu\, v}{8\pi}\, \mathfrak{H}_0^2, \tag{2}$$

wo O die Oberfläche des Körpers, μ die Permeabilität, v die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Strahlung im Körper, $\mathfrak{H}_0$ die magnetische Feldstärke an der Randfläche des Körpers sind. Der in Gl. (2) angegebene Ausdruck gilt nur, wenn angenommen wird, daß die elektrische Welle ungehemmt in das Metall eindringt und ihre Energie vollständig in Wärme umsetzen kann. Ist der betrachtete Metallkörper dünn, so wird die elektrische Welle nicht vollständig absorbiert. Sie tritt teilweise aus dem Körper wieder aus, teilweise läuft sie im Körper zurück zur Eindringungsfläche. Die in die Flächeneinheit eines metallischen Bleches eindringende Wellenenergie ist bei induktiver Erhitzung

$$L = \frac{1}{8\pi}\, \mu\, v\, (1+j)\, \mathfrak{H}_0^2\, \frac{1 - e^{-\beta(1+j)l}}{1 + e^{-\beta(1+j)l}}, \tag{3}$$

bei der Erhitzung durch Leitungströme

$$L = \frac{1}{8\pi}\, \mu\, v\, (1+j)\, \mathfrak{H}_0^2\, \frac{1 + e^{-\beta(1+j)l}}{1 - e^{-\beta(1+j)l}}. \tag{4}$$

Die Faktoren, die die reflektierten Wellen berücksichtigen, sind Funktionen von $\beta\, l$ als Funktionen des Verhältnisses der Blechdicke zur Abklingstrecke. Dieses Verhältnis soll das „Dämpfungsmaß" eines Bleches genannt werden, da es die Größe der Energieabsorption in einem Blech bestimmt. Die in den Gl. (3) und (4) angegebenen Werte für elektrische Leistung sind komplex; der reelle Teil bestimmt die im Körper ausgenutzte Wärmeenergie, der imaginäre Teil die Leistung der magnetischen Feldenergie, also die Energie des magnetischen Kraftflusses im Körper.

Werden die Energiegleichungen auf die gewohnte Darstellungsform von Strom und Widerstand gebracht, so ergeben sich hieraus der Widerstand und die Selbstinduktion eines Körpers. Bei induktiver Heizung ist der effektive Widerstand (b Blechbreite, h Blechlänge, l Blechdicke):

$$R = \frac{2\,b}{h\,.\,1/\beta}\, \varrho\, \frac{\mathfrak{Sin}\,\beta\, l - \sin\beta\, l}{\mathfrak{Cof}\,\beta\, l + \cos\beta\, l}.$$

Für den Selbstinduktionskoeffizienten folgt

$$L = 4\pi\mu\, \frac{b}{h\,\beta}\, \frac{\mathfrak{Sin}\,\beta\, l + \sin\beta\, l}{\mathfrak{Cof}\,\beta\, l + \cos\beta\, l}.$$

Der Wechselstromwiderstand bei der Heizung durch Leitungströme ist für ein Blech

$$R = R_0\, \frac{\beta\, l}{2}\, \frac{\mathfrak{Sin}\,\beta\, l + \sin\beta\, l}{\mathfrak{Cof}\,\beta\, l - \cos\beta\, l},$$

und der Induktionskoeffizient ist

$$L = \frac{h}{b\,\beta}\, \pi\,\mu\, \frac{\mathfrak{Sin}\,\beta\, l - \sin\beta\, l}{\mathfrak{Cof}\,\beta\, l - \cos\beta\, l}.$$

Aus diesen Formeln geht die Frequenzabhängigkeit des Widerstandes und des Selbstinduktionskoeffizienten klar hervor. (F. Walter, Arch. El. Bd. 24, H. 5, S. 574.)

Installation.

Einheitlicher Einbau der Druckknopf- und Hebelschalter. — Mehr und mehr bürgern sich an Stelle der Lichtdrehschalter die Druckknopf-, insbesondere die Zweidruckknopf- und die Hebelschalter ein. Die Zweidruckknopfschalter werden teils so eingebaut, daß die Druckknöpfe nebeneinanderstehen, teils so, daß sie übereinanderstehen, und in diesem Fall wieder teils so, daß der untere, teils so, daß der obere Druckknopf einschaltet. Oft wird nicht einmal in der gleichen Wohnung der Einbau einheitlich gemacht, wodurch die Bedienung außerordentlich erschwert wird. Ehe sich daher diese Schalter weiter einbürgern, wären einheitliche Einbauvorschriften erwünscht, damit man im eigenen Hause und im fremden Hause, z. B. im Gasthaus, mit gewohnten Handgriffen ein- und ausschalten kann. Auch die Farbe der Druckknöpfe müßte einheitlich sein, also etwa der Einschaltknopf rot und der Ausschaltknopf schwarz.

Für die Anordnung schlage ich folgendes vor: Da wir von den Starkstromschaltern her gewöhnt sind, daß sie hochgeklappt einschalten, müßte dies auch bei den Licht-Hebelschaltern so sein. Zweidruckknopf-Ein- und -Ausschalter müssen so angeordnet sein, daß die Druckknöpfe übereinanderstehen, u. zw. muß der obere Druckknopf der Einschaltknopf sein, da sich dann die Drehachse im gleichen Sinn dreht wie beim Hebelschalter. Wechsel- und Kreuzschalter sind so einzubauen, daß die Druckknöpfe nebeneinanderstehen, außerdem müssen bei diesen Schaltern die Druckknöpfe von gleicher Farbe sein, bei schwarzen Schaltern am besten weiß und bei weißen Schaltern schwarz, da diese Druckknöpfe gleichwertig sind. Am besten würde gleich in der Fabrik das Wort „oben" so auf den Schaltersockel geprägt, daß man es beim Anschrauben sieht, also bei Zweidruckknopf-Ein- und -Ausschaltern über dem Einschaltknopf, bei Wechsel- und Kreuzschaltern über der Verbindungslinie der Druckknöpfe und gleichlaufend mit ihr. Ammon.

Bahnen und Fahrzeuge.

Theorie der Schaltungen für die Widerstandsbremse von Gleichstrom-Reihenschlußmotoren in Fahrzeugen. — Die Schaltung für die Widerstandsbremse besteht bekanntlich aus einer Reihe nebeneinander geschalteter Gleichstrom-Reihenschlußmotoren, die auf einen gemeinsamen Belastungswiderstand arbeiten. Man fordert, daß die einzelnen Motoren gleiche und gleichgerichtete über den Belastungswiderstand R verlaufende Ströme führen, deren Größe etwa durch Änderung von R beeinflußt werden kann. Wenn diese Art der Lastverteilung gegenüber jedweder der unvermeidlichen kleinen Gleichgewichtstörungen sich zu behaupten vermag, dann ist die gewählte Schaltung stabil, d. h. brauchbar. Wenn hingegen nach irgendeiner Störung ein neuer Beharrungszustand sich einstellt, dann ist die Anordnung unstabil und ungeeignet. So ist z. B. bekannt, daß die gewöhnliche Nebeneinanderschaltung zweier Motoren unzulässig und durch Kreuz- oder Ausgleichschaltung zu ersetzen ist. W. Bader[1] untersucht zunächst im wesentlichen folgende Anordnungen auf ihre Stabilität:

1. Die zyklische Schaltung, bei der Feld 1 mit Anker 2, . . ., Feld n—1 mit Anker n und Feld n mit Anker 1 verbunden sind.
2. Die Ausgleichschaltungen, bei denen die Verbindungspunkte zwischen Anker und Feld eines Motors durch Ausgleichleitungen verknüpft sind.
3. Die Verbindung zwischen zyklischer und Ausgleichschaltung, aus 2. entstehend, indem an Stelle eines Motors eine nach 1. geschaltete Gruppe tritt.

Bei 2. und 3. werden drei Arten unterschieden, die Ausgleichverbindungen zu führen: a) der geschlossene, b) der offene Ring, c) der Stern.

Den mathematischen Ansatz zur Stabilitätsuntersuchung liefert die Methode der kleinen Schwingungen in Form eines Systems linearer homogener Differentialgleichungen mit unveränderlichen Koeffizienten. Das System führt auf eine in Determinantenform gegebene algebraische Gleichung beliebig hohen Grades, da die Motorzahl keiner Beschränkung unterworfen wird. Kann man die Wurzeln dieser Gleichung finden oder wenigstens über ihre Eigenschaften bestimmte Aussagen machen, so läßt sich entscheiden, ob eine anfängliche Gleichgewichtsabweichung wieder abklingt oder weiter anschwillt. In der hier besprochenen Arbeit ist die Lösung stets gelungen. Entweder konnten die Wurzeln ermittelt oder aber durch Produktzerlegung und Betrachtung von Grenzfällen der Grad der übrigbleibenden schwer lösbaren Gleichungen so weit herabgedrückt werden, daß ohne allzugroße Rechenarbeit die Hurwitzschen Stabilitätskriterien angewandt werden konnten. Bei seinen Rechnungen stößt der Verfasser u. a. auf eine bis jetzt noch nicht untersuchte Determinantenform, der er den Namen „zusammengesetzte Zirkulante" gibt, und für die er in einem Anhang einen für die Lösung entscheidenden Produktzerlegungsatz sowie einen Satz über Mehrfachwurzeln ableitet.

Es übersteigt den Rahmen dieses Berichtes, die zahlreichen Einzelergebnisse der Arbeit und die hieraus gezogenen praktischen Folgerungen mitzuteilen, vielmehr können nur die folgenden allgemeineren Erkenntnisse hervorgehoben werden:

1. Die Rechnung liefert bei den meisten Schaltungen eine bestimmte obere Grenze für die Motor- bzw. Gruppenzahl; oberhalb dieser Schranke ist die Schaltung

[1] Dissertation T. H. München 1930.

keinesfalls mehr brauchbar, auch wenn z. B. die Ausgleichleitungen gar keinen Widerstand besitzen und die Kopplung daher vollkommen fest ist.

2. Werden Motoren oder Motorgruppen in Ausgleichschaltung zu einem Stern vereinigt, so nimmt die Sicherheit der Stabilität mit der Motor- bzw. Gruppenzahl nicht ab.

3. Die Stabilität einiger mit Zusatzwiderständen ausgestatteter Schaltungen läßt sich wesentlich verbessern oder sogar — unabhängig von den elektrischen Eigenschaften des zu verwendenden Motors — von vornherein sicherstellen, wenn bei den beiden Motoren einer Gruppe die Reihenfolge von Anker und Feld verschieden gewählt wird.

4. Die Art der Instabilität bei unbrauchbaren Anordnungen wird für zwei Schaltungen untersucht. Der Verfasser findet in dem einen Fall Wechselstrom-Selbsterregung, im anderen Gleichstrom-Selbsterregung mit unerwünschter Stromverteilung.

In einem Ergänzungsabschnitt unterzieht der Verfasser u. a. seine bisherigen Untersuchungen einer kritischen Würdigung. Die Feststellung allein genügt nicht, daß der angestrebte Beharrungszustand stabil gegenüber Störungen ist; er muß im Verlauf der Selbsterregung sich auch wirklich einstellen. Durch Integration eines Systems nichtlinearer Differentialgleichungen wird am Beispiel der Zweimotoren-Ausgleichschaltung gezeigt, daß dieser Zustand nach dem Einschalten erreicht wird, obwohl unter gewissen Voraussetzungen noch ein anderer, ebenfalls stabiler, aber unerwünschter Gleichgewichtszustand möglich ist. — Im letzten Abschnitt werden mit Rücksicht auf gewisse Betriebsvorkommnisse die 2-, 3- und 4-Motorenschaltungen auf ihre Bremsfähigkeit bei unbeabsichtigter Rückwärtsfahrt in ungeänderter Vorwärts-Bremsschaltung untersucht. Den Abschluß bildet ein ausführliches Schriftenverzeichnis[1] mit Angabe einschlägiger Patente. (W. Bader, Wiss. Veröff. Siem.-Konz. Bd. 9, H. 1, S. 209.) *Sb.*

Leitungsbusse. — Bei der stark betriebenen Einführung der Leitungsbusse in den Straßen- und Landstraßenverkehr, die seit einiger Zeit in allen Ländern eingesetzt hat, ist die Einrichtung eines solchen Unternehmens in der Stadt Detroit bemerkenswert. Abb. 6 gewährt einen Blick auf den Wagenpark dieses Unternehmens. Die elektrische Einrichtung wurde von der Westinghouse-Gesellschaft geliefert.

Abb. 6. Amerikanische Leitungsbusse.

[1] Über die in der ETZ erschienenen Abhandlungen vgl. a.: Gesamtinhaltsverzeichnis 1903... 1927, S. 241, ferner: M. Müller, Die elektrische Bremsung der Straßenbahnwagen, ETZ 1902, S. 515, und H. Thoma, Die Kurzschlußbremse im Straßenbahnbetrieb, ETZ 1929, S. 1344 (Besprechung).

Fernmeldetechnik.

Reflexionsmessungen mit sehr kurzen elektrischen und mit akustischen Wellen. — O. Strutt weist darauf hin, daß die unmittelbaren Meßmethoden der Bodeneigenschaften zur Berechnung der Strahlung von Antennen größtenteils unbrauchbar sind. Er bestimmt deshalb diese Eigenschaften durch Strahlungsmessungen. Zunächst geht er auf die Theorie der Strahlung eines Dipols über einer unendlich ausgedehnten ebenen Grenzfläche ein und erläutert dann die von ihm verwendeten Hilfsmittel bei Strahlungsmessungen mit sehr kurzen elektrischen Wellen. Als Sender verwendet er eine Dreielektrodenröhre besonderer Bauart, die mit einem kleinen Schwingungskreis gekoppelt ist und elektrische Schwingungen von 1,42 m Wellenlänge erzeugt, welche durch einen Stimmgabelgenerator mit 435 Hz moduliert werden. Die Schwingungsenergie wird mittels eines über der Schwingröhre angeordneten Thermokreuzes gemessen. Der Sender ist in eine geerdete Kupferhülle eingebaut, nur die Antenne ragt heraus und kann in alle Polarisationsrichtungen gedreht werden. Der abgestimmte Audionempfänger ist durch Spulen und Kondensatoren geeigneter Größe abgeschirmt und mit einem auf 435 Hz abgestimmten Niederfrequenzverstärker und einem Röhrenvoltmeter verbunden. Alsdann werden die Messungen mit sehr kurzen elektrischen und akustischen Wellen näher beschrieben.

Die Versuche ergaben, daß die Dielektrizitätskonstante zwischen 4 für trockenen Sand und 20 für feuchte Erde schwankt. Das Leitvermögen trockener Bodenarten ist für die Versuchswelle gleich dem bei Gleichspannung gemessenen Werte, für nassen Boden ist es jedoch für die kurze Welle bedeutend größer als bei Gleichspannung. Ferner wurde festgestellt, daß in einigem Abstand von der Erde die Feldstärke den Wert auf der Erde stark übertrifft. Die akustischen Reflexionskoeffizienten bei 500 Hz und einem Einfallswinkel von etwa 50 ° liegen bei 0,91 für Celotex auf Sinteruntergrund und bei 0,50 für 2 Filzlagen von 1,5 cm Stärke auf Celotex. Das Reflexionsvermögen einer Öffnung, vergleichbar mit der Wellenlänge, beträgt nicht 100 %, sondern wegen der Beugungserscheinungen weniger. (M. J. O. Strutt, El. Nachr. Techn. Bd. 7, S. 65. [RPZ.]) *Fzk.*

Ein Verfahren zur Bildumkehr bei der Bildtelegraphie. — Um ein Bild positiv aufzeichnen zu können, war bisher außer der Bildzelle noch eine zweite Photozelle, die Kompensationszelle, erforderlich. Diese wurde hierbei von demselben durch die Lochscheibe unterbrochenen Lichtstrahl belichtet, der auch zur Abtastung der Sendevorlage diente. Durch eine Blende wurde die Stärke der Belichtung gleich derjenigen gemacht, die auf die Bildzelle beim Abtasten des maximalen Weiß der Sendevorlage wirkte. Wesentlich für ein genaues Arbeiten der Kompensationszelle war, daß die Lichtzeitkurven für beide Photozellen nach Phase und Form genau übereinstimmten. H. Lux sagte sich nun, daß man zu demselben Ziele gelangen muß, wenn man unter Umgehung der Kompensationszelle die Bildzelle ein zweites Mal belichtet, u. zw. so, daß gegenüber dem Abtastlichtstrahl eine Phasenverschiebung von genau 180 ° herrscht. Dann werden sich beim Abtasten einer weißen Stelle die beiden Kurven zu einem konstanten Wert ergänzen, mithin keinen Aufschlag ergeben, während beim Abtasten von Tönungswerten durch die Differenz der Amplituden entsprechende Stromschwankungen auftreten. Die Anwendung des Verfahrens stellt besonders hohe Anforderungen an die Genauigkeit der Lochscheibe, bei der die Breite der in die Lochscheibe eingefrästen Schlitze genau gleich der Breite der dazwischen befindlichen Stege sein muß, da nur dann eine zweite Lichtquelle der Bildzelle eine Belichtung geben kann, die genau um 180 ° verschoben ist gegenüber der von der Sendevor-

lage auf die Zelle einwirkenden Belichtung. Die von dem Verfasser angestellten Versuche brachten gute Ergebnisse. (H. Lux. Z. techn. Phys. Bd. 11, S. 160. [RPZ.]) *Wz.*

Elektrische Antriebe.

Elektrische Steuerruderanlagen der SSW. — Während man früher bei elektrisch betriebenen Steuerruderanlagen für die zum Betrieb des Rudermotors aufgestellten Motorgeneratoren immer ausreichende Reserve vorgesehen hat, steht man heute auf dem Standpunkt, daß die Motorgeneratoren, wenn sie richtig ausgeführt sind, eine Betriebsicherheit gewährleisten, die eine Reserve überflüssig macht. Wenn der Rudermotor beim Umlegen des Ruders von „hart Steuerbord" auf „hart Backbord" sein höchstes Drehmoment zu entwickeln hat, fällt die Drehzahl des Motorgenerators durch die Verbundwicklung seines Antriebsmotors beträchtlich ab, so daß die lebendige Kraft seiner Schwungmasse zur Arbeitsleistung mit herangezogen wird. Mit dem Abfall der Drehzahl geht außerdem ein Spannungsabfall einher, wodurch auch die Stromstärke begrenzt wird und das Drehmoment des Rudermotors nicht erheblich über das festgesetzte Höchstmoment anwachsen kann. Auf diese Weise wird der mechanische Teil der Rudermaschine gegen übermäßige Beanspruchung geschützt. Auch die aus dem Netz entnommene elektrische Leistung wächst in einem wesentlich geringeren Verhältnis als das Drehmoment des Rudermotors. Der letztere wird durch einen Umkehr-Nebenschlußregler gesteuert, der das Magnetfeld des Leonard-Generators beeinflußt. Abb. 7 zeigt den Schaltplan einer von den SSW ausgeführten Anlage auf dem Motorschiff „Burgenland" der Hamburg-Amerika-Linie[1]. Der Steuerschalter weicht insofern von einem gewöhnlichen Straßenbahnschalter ab, als bei ihm nicht nur die Kontaktwalze, sondern auch die Kontaktfinger drehbar sind. Die letzteren werden durch das Handrad am Steuerstand zunächst in die Einschaltstellung gebracht, wodurch das Generatorfeld erregt wird und der Rudermotor anläuft. Drei Punkte der Ankerwicklung des letzteren sind mit Schleifringen verbunden, von denen Drehstrom für die Ständerwicklung eines kleinen Synchronmotors abgenommen wird, der am Steuerschalter angebracht ist und mittels Schneckenvorgeleges die Steuerwalze den Kontaktfingern nachdreht, bis die Nullstellung der Walze wieder unter Kontaktfinger kommt. Der Rudermotor kommt also zum Stillstand, nachdem er das Ruder um einen Winkel bewegt hat, der der Drehung des Handrades entspricht. Bei rascher Drehung des Handrades rücken die Kontaktfinger bis zur äußersten Stellung vor, die durch einen kräftigen Anschlag begrenzt ist. Es kann dann das Handrad nicht rascher gelegt werden, als es die Höchstgeschwindigkeit des Rudermotors zuläßt. Auf diese Weise wird vermieden, daß ein erheblicher Unterschied zwischen der Lage des Handrades und des Ruders eintritt, und der Rudergänger ist sich über die wirkliche Lage des Ruders immer im klaren. Der erwähnte Synchronmotor ist durch eine kräftige Dämpferwicklung so ausgebildet, daß er nicht außer Tritt fallen kann.

a Steuerrudermaschine
b Steuerrudermotor
c Generator
d Steuerstand auf der Kommandobrücke
e Steuerstand auf Achterdeck

Abb. 7. Steuerruderanlage des Motorschiffes „Burgenland" mit Leonard-Schaltung.

Neben der Leonard-Schaltung hat sich auch der **regulierbare Nebenschlußmotor** zum Antrieb des Steuerruders gut bewährt. Die in Abb. 8 dargestellte Anordnung, welche für kleinere Schiffe vielfach verwendet worden ist, sieht eine in der Nähe der Kommandobrücke aufgestellte Rudermaschine vor, welche durch eine sogenannte Reepleitung das Ruder bewegt. Durch das Handrad wird über ein Schraubendifferentialgetriebe der Steuerschalter eingeschaltet und, sobald der Motor läuft, wieder zurückgestellt. Auch hier bewegt sich das Ruder so lange, wie das Handrad weitergedreht wird, und der Motor muß sich der Geschwindigkeit des Handrades anpassen, wozu er durch die vorgesehene Feldregelung befähigt ist. Der Starkstromteil des Steuerschalters ist als Nockenschalter für sehr häufiges Schalten besonders ausgebildet.

a Steuerstand mit mechanischem Ruderlagezeiger
b Motor
c Getriebe
d_1 Steuerschalter
d_2 Walze für Feldregelung
d_3 Nockensteuerschalter für Ankerstromkreis
e Steuerhandrad
f Schraubendifferentialgetriebe
g Seilübertragung zum Ruder (Reepleitung)

Abb. 8. Schaltbild einer Reepleitungs-Rudermaschine mit regulierbarem Nebenschlußmotor.

Eine wichtige Neuerung auf dem Gebiete der elektrischen Steuerruderantriebe bildet die **Druckknopfsteuerung**. Hierbei ist für jede Bewegungsrichtung des Ruders am Steuerstand nur ein Druckknopf vorgesehen. Schaltapparate mit zahlreichen Kontakten und Widerständen, Differentialgetriebe und elektrische Bewegungsübertragungen fallen fort. Solange der Rudergänger z. B. auf den rechten Knopf drückt, bewegt sich das Ruder nach Steuerbord; läßt er den Knopf los, so bleibt das Ruder in der erreichten Lage stehen. Wenn die gewünschte Kursänderung erreicht ist, wird der linke Druckknopf ge-

[1] J. Bahl, Siemens-Z. Bd. 9, S. 828.

drückt, und damit kehrt das Ruder nach Mittschiffs zurück.

Bei dieser Steuerungsart wird dem Rudermotor also nicht durch ein Handrad eine Geschwindigkeit künstlich aufgezwungen, sondern der Motor kann diejenige Geschwindigkeit annehmen, welche der Belastung entspricht und mit dieser den gewollten Ruderwinkel legen, ohne seinen Lauf inzwischen zu unterbrechen.

Abb. 9. Schaltbild einer elektrischen Steuerruderanlage mit Druckknopfsteuerung für Leonard-Schaltung.

Abb. 9 zeigt das Prinzipschaltbild einer Ruderanlage mit Druckknopfsteuerung in Leonard-Schaltung. Das Feld des Steuergenerators, der den Rudermotor speist, wird einfach durch zwei Druckknöpfe in der einen oder anderen Richtung erregt. Besondere Regelapparate sind nicht erforderlich, da die Selbstinduktion des Feldes bewirkt, daß die Generatorspannung nicht zu plötzlich ansteigt und daher allzu große Anlaufströme des Rudermotors verhindert werden. Um Überspannungen zu vermeiden, wird ein induktionsfreier Parallelwiderstand zum Generatorfeld vorgesehen, und Funken an den Kontakten des Druckknopfschalters werden durch Kondensatoren parallel zur Funkenstrecke vollständig unterdrückt. Die stets erforderlichen Hartlagenabschalter legt man zweckmäßig in Reihe mit den Arbeitskontakten der Druckknöpfe.

Beim Vergleich mit einer Ruderanlage mit Handradsteuerung fällt vor allem die außerordentliche Einfachheit der Druckknopfsteuerung ins Auge, und hierin ist in der Tat einer ihrer größten Vorzüge zu sehen.

Die neue Steuerungsart ist bereits auf einer Anzahl von Schiffen in praktischem Betrieb und hat sich bewährt. Die Seeleute haben sich überraschend schnell mit der neuen Steuerungsart befreundet.

Die Druckknopfsteuerung ist nicht auf Ruderanlagen mit Leonard-Schaltung beschränkt, sondern der Motor kann auch mit Hilfe eines Umkehr-Fernanlassers unmittelbar vom Schiffsnetz betrieben werden; bei kleinen Leistungen genügt an Stelle des Selbstanlassers ein konstanter Vorschaltwiderstand. *J. Bl.*

Physik und theoretische Elektrotechnik.

Lösung von Schwingungsaufgaben mittels symbolischer Differentialrechnung. — Die Untersuchung von Ausgleichvorgängen führt bekanntlich auf Systeme linearer nicht homogener Differentialgleichungen mit konstanten Koeffizienten, zu deren Lösung man mit großem Vorteil die Heavisidesche Entwicklungsformel verwenden kann, mit deren Hilfe es möglich ist, das Integral der resultierenden Differentialgleichung anzugeben, ohne die umständlichen Konstantenbestimmungen, welche sonst vorgenommen werden müssen, wirklich durchzuführen. Der erste einwandfreie Beweis der Heavisideschen Entwicklungsformel von K. W. Wagner fußt bekanntlich auf funktionentheoretischen Betrachtungen und entfernt sich wesentlich von dem ursprünglichen Sinn der Operatorenrechnung, wie sie von Heaviside angewandt wurde. Gauster zeigt nun, daß es ohne besondere Schwierigkeiten möglich ist, eine Operatorenrechnung im eigentlichen Sinne des Wortes oder besser eine symbolische Differentialrechnung exakt zu begründen, und es ergibt sich dabei, daß sich nicht nur viele bekannte Resultate besonders einfach und übersichtlich herleiten lassen, sondern daß diese Methode auch zum Teil zu neuen Ergebnissen führt. Es wird zuerst das Symbol p für die Differentiation eingeführt, so daß $p^n f(x)$ den n-ten Differentialquotienten von $f(x)$ bedeutet. Analog wird $p^{-n} f(x)$ als das n-fache Integral von $f(x)$ eingeführt, wobei jedoch alle Integrationen zwischen bestimmten Grenzen, nämlich 0 und x, ausgeführt werden sollen. Auf diese Weise wird von Anfang an vermieden, daß irgendwelche unbekannten Integrationskonstanten in der Rechnung auftreten. In ähnlicher Weise ergibt sich für die gebrochene Funktion $\frac{1}{p-\alpha} f(x)$ der Wert $e^{+\alpha x}\int_0^x e^{-\alpha x} f(x)\,dx$. Es läßt sich nun auf einfache Weise exakt zeigen, daß Brüche beliebiger Ordnung mit Hilfe der bekannten Partialbruchzerlegung auf lineare Brüche zurückgeführt werden können. Ganz allgemein läßt sich mit rationalen Funktionen von p im wesentlichen genau so rechnen wie mit gewöhnlichen nicht symbolischen Ausdrücken, wenn man beachtet, daß das „Kürzen" nur dann erlaubt ist, wenn ein und derselbe Ausdruck zuerst im Nenner und dann im Zähler vorkommt. Diese Tatsache wird am einfachsten durch die Regel ausgedrückt, daß das „Kürzen von links oben nach rechts unten" erlaubt ist, aber nicht umgekehrt.

Mit Hilfe der symbolischen Schreibweise kann man nun sehr einfach das Hauptintegral einer linearen nicht homogenen Differentialgleichung mit konstanten Koeffizienten hinschreiben. Dabei versteht man unter Hauptintegral jene partikuläre Lösung, welche für $x = 0$, ebenso wie ihre $(n-1)$ ersten Ableitungen verschwindet. Dieses Hauptintegral ist einfach gegeben durch das Produkt aus dem reziproken Wert der symbolisch geschriebenen Differentialform der gegebenen Differentialgleichung und der Störungsfunktion. Die allgemeine Lösung der Differentialgleichung läßt sich nun in einfacher Weise aus dem Hauptintegral und einer allgemein darstellbaren linearen Funktion der Randwerte $f(0)$, $f'(0)$, $\ldots$, $f^{(n-1)}(0)$ angeben, wodurch es vermieden wird, in die Rechnung irgendwelche unbestimmten Integrationskonstanten einzuführen.

Diese Betrachtungen werden nun in der Weise erweitert, daß an Stelle einer gewöhnlichen Störungsfunktion eine solche betrachtet wird, welche selbst wieder einen linearen Differentialausdruck darstellt, also in unserer Schreibweise durch das Produkt einer ganzen Funktion von p und einer Funktion von x gegeben ist. Es läßt sich auch hier die Partialbruchzerlegung anwenden, und es ergibt sich insbesondere eine sehr einfache Beziehung zwischen den Hauptintegralen der Differentialausdrücke links und rechts vom Gleichheitszeichen der vorgegebenen Differentialgleichung. Diese Beziehung stellt die allgemeinste Form der Heavisideschen Entwicklungsformel dar, welche in ihrer bekannten Gestalt daraus durch Spezialisierung leicht gefunden werden kann. (W. Gauster, Arch. El. Bd. 24, H. 3, S. 360.)

Allgemeiner Maschinenbau.

Verbesserung des Feuerungswirkungsgrades durch Anwendung vorgewärmter Verbrennungsluft. — Zu diesem Gegenstand veröffentlicht W. Schultes in der Zeitschrift „Glückauf" neue Versuche an einer Wanderrostfeuerung mit Ljungström-Luftvorwärmer. Es handelt sich um einen Teilkammer-Schrägrohrkessel älterer Bauart von 410 m^2 Heizfläche, der Dampf von 14 atü und 350 ... 370 ° erzeugt. Diesem Kessel wurde ein Ljungström-Luftvorwärmer von 2960 m^2 nachgeschaltet. Die Heizfläche eines solchen Vorwärmers ist in Form von zahlreichen gewellten Blechen auf einem Rotor angeordnet, der auf der einen Hälfte von den Rauchgasen durchströmt wird, während durch die andere Hälfte die vorzuwärmende Luft im Gegenstrom zu der Rauchgasrichtung hindurchgeführt wird. Die Heizfläche speichert also die auf der Rauchgasseite zugeführte Wärme auf, um sie dann auf der Luftseite wieder abzugeben. Der Rotor des vorliegenden Vorwärmers macht 3 U/min und hat einen freien Durchtrittsquerschnitt für Rauchgase und Luft von 5,8 m^2. Die Versuche zeigen, daß durch die Luftvorwärmung auf 225 ° bedeutende Verbesserungen erzielt wurden. Die mittlere Temperatur im Feuerraum war 1235 ° gegenüber 1145 ° bei nicht vorgewärmter Luft (von 10 °), der auf die ersten, der Strahlung ausgesetzten Rohrreihen entfallende Anteil an der Dampferzeugung stieg wesentlich an, was daran zu erkennen ist, daß bei dem Betrieb mit Luftvorwärmung die Überhitzung um 18 ° niedriger war als beim Betrieb mit kalter Luft, dagegen war die Gastemperatur am Kesselende um 16 ° höher. Die erhöhte Wärmeabgabe durch Strahlung bei den höheren Feuerraumtemperaturen bewirkt also, daß der Temperaturunterschied von 90 °, der noch in der Brennkammer besteht, sich bis zum Kesselende auf 16 ° verkleinert. Der Luftvorwärmer bewirkt sodann eine Erniedrigung der Abgastemperatur von 391 ° auf 142 °, wodurch eine Verbesse-

rung des Gesamtwirkungsgrades von etwa 12 % erreicht wird. Schultes weist ferner darauf hin, daß die Zündung auf dem Rost durch die Vorwärmung der Luft offenbar wesentlich beschleunigt wurde.

Der Versuchs-Luftvorwärmer zeigte noch einige betriebliche Mängel wie schnelles Verschmutzen und starkes Ansaugen von Falschluft, diese sollen durch eine neue Form der Heizbleche und durch bessere Abdichtung überwunden werden. Das wichtigste Ergebnis der vorliegenden Versuche ist die Tatsache, daß der Betrieb mit einem Wanderrost älterer Bauart mit hoch vorgewärmter Luft anstandslos möglich war. (W. Schultes, Glückauf Bd. 66, S. 11.) *B.*

Verschiedenes.

Vereinigung selbständiger Ingenieure in Österreich. — Am 29. V. 1931 fand in Wien die Gründung der „Vereinigung selbständiger Ingenieure" (VSI) statt, welche zunächst innerhalb Österreichs, später auch internationale Vereinbarungen gegen die kostenlose Projektierungs- und Beratungstätigkeit anbahnen soll, weiter Fragen der Altersversorgung, der Kranken- und Arbeitslosenfürsorge sowie Verbilligung der Steuern anstrebt. Die Geschäftsstelle dieser Vereinigung befindet sich in Wien VII, Lindengasse 37.

Jahresversammlungen, Kongresse, Ausstellungen.

10. Technische Tagung des Deutschen Braunkohlen-Industrie-Vereins. — Diese Tagung fand am 10. und 11. IV. d. J. in Berlin statt. Der Vorsitzende wies zunächst auf die mißliche Lage des ganzen deutschen Kohlenbergbaus im Jahre 1930 hin. Die Förderung ist im Steinkohlenbergbau um 12,7 %, bei der Braunkohle um 16,4 % und insbesondere beim mitteldeutschen Braunkohlenbergbau um 18,3 % zurückgegangen. Seine Förderung sank von 117,6 Mill t im Jahre 1929 auf 96,2 Mill t im Jahre 1930. Werke mit chemischer Verarbeitung der Braunkohle hatten besonders unter der Entwertung des Teers zu leiden, dessen Preis infolge des stark gestiegenen Ausbringens im hannoverschen Erdölgebiet unter die Hälfte herabsank.

Auch für die elektrische Industrie enthielten die Vorträge von Rosin, Dresden, „Das Ascheproblem in der Feuerung", und von Bergwerksdirektor v. Delius, Plessa, „Die Entwicklung im Bau und Betrieb von Abraumförderbrücken und deren Wirtschaftlichkeit", zu beachtende Mitteilungen. Wie ersterer ausführte, hat erst die schärfere Ausnutzung der Kessel, die Zusammenfassung der Krafterzeugungstätten mit sehr großen Kesseleinheiten, die Kohlenstaubfeuerung das Ascheproblem geschaffen. Um die Mittel zu seiner Beherrschung zu finden, genügt die chemisch-analytische Feststellung der Aschebestandteile nicht, da sie kein Bild über das Verhalten der Asche im Feuer gibt. Dagegen lehrt die physikalische Chemie, nach welchen Gesetzen die Bildung chemischer Verbindungen und leicht schmelzender Gemische im Feuer verläuft. So kann man das Verhalten der Asche thermisch beherrschen und dadurch ihren Einfluß auf Rost, Ausmauerung, Rohrleitung regeln. Wichtige Erkenntnisse sind: 1. Die Temperatur muß so geleitet sein, daß ein Fließen der Asche nicht eintritt. 2. Kühlflächen müssen angelegt werden. 3. Temperaturverlauf, Atmosphäre und Bewegung sind Mittel der Feuerungstechnik gegen das Ascheproblem. An verschiedenen Brennkammerkonstruktionen mit Schlacken-, Schür-, Schubrosten, mehr oder weniger großen Kühlflächen, Luftsteuerung wurde gezeigt, wie weit sich der Kesselbau diese Erkenntnisse bereits zunutze gemacht hat. Einen Höhepunkt in der Meisterung der Schlacke bietet die deutsche Kohlenstaublokomotive, bei der es gelang, dem gefürchteten, als „Schwalbennester" bekannten Schlackenansatz am unteren Teil der Rohrwand durch eine auf sorgfältigster Forschung aufgebaute Feuerführung mit Erfolg entgegenzuwirken, ein Problem, an dem selbst die Amerikaner vor Jahren scheiterten. Die Beherrschung der Asche erfordert die Kenntnis ihres Verhaltens im Feuer. Hierzu bedarf es weiterer Forschungen über die chemisch-physikalischen Wechselwirkungen zwischen Kohle und Asche an sich und in verschiedenen Feuerungen, da es sich gezeigt hat, daß sich dieselbe Asche bei Rost- und Staubfeuerungen verschieden verhält. Dies erweitert das Studium auf den Verbrennungsverlauf, auf die Regelung der Luft, auf die Verteilung der Kühlflächen, auf den Einfluß der Heißluft usw.

In der Aussprache machte Oberbaurat Zeuner Mitteilungen zu dem erfolgreichen Umbau des Humboldt-Kessels 12 im Kraftwerk Böhlen der Aktiengesellschaft Sächsische Werke. In der Hauptsache konnte auch hier durch verbesserte Feuerführung mit Hilfe vergrößerter Brennkammer-Kühlfläche die Brennkammer mehr zur Kesselleistung herangezogen werden, deren Wärmebelastung jetzt 320 000 kcal/m³/h ist. Die Kesselleistung konnte um 100 % gesteigert werden und beträgt heute im Mittel 172,5 t/h. Der CO_2-Gehalt ist 17 % bei dauernder Maximalbelastung. Man hofft noch, den Saugzug zu verbessern und die Kesselleistung auf 180 t/h zu erhöhen, so daß dann 20 t auf 1 m Kesselbreite entfallen.

Aus dem Vortrage v. Delius' (s. o.) war zu entnehmen, daß die in ihrer Wirtschaftlickkeit erst angezweifelten Abraumförderbrücken seit der ersten auf Grube Plessa im Jahre 1924 aufgestellten elektrisch betriebenen Brücke zunehmenden Zuspruch erfahren haben, so daß z. Z. 10 Brücken in Betrieb und 3 in Montage sind. Das Streben geht nach großen Leistungen mit verhältnismäßig kleinen Anlagen, um die festen Unkosten niedrig zu halten. Hierzu sind die Bandbreiten bereits bis zu 2 m und die Bandgeschwindigkeiten bis zu 3,5 m/s gesteigert worden. Fast ausschließlich wird im elektrischen Antrieb, der weitgehend unterteilt wird, Drehstrom von 2000 ... 6000 V benutzt. Bei der Förderbrücke auf Grube Welzow mit 200 m Stützweite und 1500 m³/h Leistung ist die Leonard-Steuerung für die Fahrwerke erstmalig ausgeführt. Beim gegenwärtigen Umbau der Förderbrücke in Plessa auf 1200 m³/h Leistung wird die Warmluftheizung der Bandverschalung durch elektrische Widerstandsheizung ersetzt, die etwa 30 kW/h erfordert. Aus dem Betrieb von 7 Förderbrücken mit einer Jahresleistung von etwa 46 Mill m³ wurden die Betriebskosten zu 15,35 Pf/m³ festen Boden ermittelt, wovon etwa ⅓ auf die Löhne entfallen, die bei früherem Fahrbetrieb etwa die Hälfte der Unkosten ausmachten. Der Hauptvorteil der Förderbrücken liegt aber in der viel weiter durchführbaren Förderung im Tagebau gegen früher, da Verhältnisse von Kohle zur Decke bis 1 : 8 noch wirtschaftlich abbaubar sind. Im Tagebau betragen aber die Kohlensubstanzverluste nur etwa 5 % gegen etwa 40 % im Tiefbau.

Pge.

Energiewirtschaft.

Der Wert einer Störungsstatistik. — An Hand der Störungsstatistik des Elektrizitätswerkes Zürich weist H. Leuch auf die Notwendigkeit hin, neben der üblichen produktions- und verkaufstechnischen Statistik für die Betriebsleitung eine zweckentsprechende Statistik über die am häufigsten vorkommenden und schädlichsten Störungsursachen und -folgen zu führen, um die Kontinuität des Betriebes zu überwachen. Betriebstörungen, die z. T. ja unvermeidbar sind, erfordern Erforschung der Ursachen, Dauer, Umfang und Bedeutung der Störung, damit die Schwächen des Betriebes herausgefunden werden können.

Das Ziel dieser Störungsstatistik müßte sein, Aufschluß zu geben über

1. möglichst viele Einzelheiten von Ursachen und Folgen der Störung bezüglich der Jahres- und Tageszeit des Beginns, der Dauer und der betroffenen Gebiete,
2. Wiederholungen von Störungen unter gleichen oder ähnlichen Umständen,
3. technische und organisatorische Mängel, die Störungen verursachen oder deren Dauer verlängern,
4. Verbesserung oder Verschlechterung der Kontinuität der Versorgung bestimmter Abnehmergruppen.

Wie bei jeder Statistik ist für den Aufbau einer richtigen Störungsstatistik eine gewisse Schematisierung der Unterlagensammlung Grundbedingung, ohne daß das System allzu starr sein darf; es muß jederzeit neuen Bedürfnissen leicht angepaßt werden können.

Wegen der großen Zahl der Rubriken hat der Verfasser einen Zahlenrahmen geschaffen, nach dem jede Störung nach abgeschlossener Untersuchung an Hand einer Leittafel mit wegweisenden Zahlen versehen wird. Diese Leittafeln werden eingehend besprochen. Die Leittafel ist entsprechend dem Zweck der Statistik gegliedert in:

1. Art der Ursache (innere, äußere, nicht feststellbare Einflüsse),
2. Ort der Ursache (Werke, Stationen, Netz, Abnehmer, nicht feststellbar),
3. technische Folgeerscheinungen (Unterteilung wie bei 2),
4. Dauer der Störung in Minuten,
5. Zeit des Beginns der Störung (Jahreszeit, Wochentag, Tageszeit).

Die praktischen Ergebnisse der Störungsstatistik beim Elektrizitätswerk Zürich werden als günstig bezeichnet.

Die Erfahrungen stützen sich auf 200 während der Jahre 1927/1929 bearbeitete Fälle, die namentlich in den Ursachen der Störungen während der drei Jahre eine überraschende Übereinstimmung ergeben. Interessant sind auch die graphischen Darstellungen über die Ergebnisse der Statistik, die beweisen sollen, daß die Statistik bei zweckmäßigem Aufbau ein ausgezeichnetes Hilfsmittel ist, die Ursachen und Folgen von Betriebsunterbrechungen zu erforschen, wodurch die systematische Kontinuität des Betriebes nicht unwesentlich gefördert wird.

Die interessante Abhandlung verdient Beachtung; sie gibt gute Anregungen für den, der daran denkt, die Statistik in den Dienst der Störungsbekämpfung zu stellen. (Bull. SEV Bd. 21, S. 793 (1930.) *Al.*

Elektrizitätswirtschaftliche Fortschritte in Mexiko. — Von dem Wasserkraftvorrat M e x i k o s, der auf 6 Mill PS geschätzt wird, waren im Jahr 1927 333 000 PS, also rd. 5,5 %, ausgebaut. Hiervon entfielen 270 000 PS auf öffentliche Kraftwerke, 30 000 auf industrielle und weitere 8000 PS auf bergbauliche Unternehmungen. Die Leistung der Wasserkraftwerke übertraf damals bereits die der Wärmezentralen um fast das Doppelte. Von den 193 000 PS, über die diese verfügten, kamen 98 000 PS auf die öffentlichen Werke, 68 000 PS auf bergbauliche, 5000 PS auf Textil- und 22 000 PS auf weitere industrielle Betriebe.

Seitdem hat der Ausbau der mexikanischen Wasserkräfte beachtliche Fortschritte gemacht. Die gesamte Stromerzeugung kann für 1928 auf 1,4 bis 1,5 Mrd kWh geschätzt werden. Bei den nachfolgend genannten vier größten öffentlichen Elektrizitätsgesellschaften des Landes waren Ende 1929 rd. 240 000 kWh installiert, hiervon 207 000 in 21 Wasserkraftanlagen und 32 000 in zwei Wärmekraftwerken. Zu der im Jahr 1929 verzeichneten Stromerzeugung dieser Unternehmungen in Höhe von 922 Mill kWh kam ein Bezug von weiteren 74 Mill kWh, so daß sich die insgesamt verfügbare Arbeit auf 996 Mill kWh stellte.

Gesellschaft	install. Leistung kW		verfügbare Arbeit Mill. kWh		
	Wasserkraft	Wärmekraft	Erzeugung	Bezug	zusammen
The Mexican Light & Power Co.	132 016	32 240	641,83	—	641,83
Cia. Agricola y de Fuerza Electrica del Rio Conchos	28 000	—	141,97	—	141,97
The Guanajuato Power & Electric Co.	18 600	—	33,15	73,96	107,11
Puebla Tramway, Light & Power Co.	27 900	—	104,81	—	104,81

Der Elektrizitätsabsatz dieser Unternehmungen an die Hauptverbrauchergruppen zeigt, daß i. a. haus- und landwirtschaftliche Kleinkonsumenten erst in relativ geringem Umfang angeschlossen sind.

Gesellschaft	gewerblicher Großkraftabsatz		gewerblicher Kleinkraftabsatz		Absatz an Haushaltungen	
	Zahl d. Abnehmer	Absatz Mill kWh	Zahl der Abnehmer	Absatz Mill kWh	Zahl d. Abnehmer	Absatz Mill kWh
The Mexican Light & Power Co.	263	288,0	35 903	38,3	98 808	17,2
Cia. Agricola y de Fuerza Electrica del Rio Conchos	15	131,7	—	—	104	0,0
The Guanajuato Power & Electric Co.	54	22,1	47	0,0	143	0,0
Puebla Tramway, Light & Power Co.	354	47,7	3 379	1,9	8 159	1,5

Für das Jahr 1930 liegen entsprechende Angaben erst über das größte dieser Unternehmen, den Konzern der Mexican Light & Power Co., zu dem auch die Mexican Tramway Co. gehört, vor; sie zeigen einen weiteren Anstieg der Erzeugung und des Absatzes. Die Produktion der letzten sechs Jahre betrug:

1925 . .	561,43 Mill kWh	1928 . .	628,83 Mill kWh
1926 . .	594,05 „ „	1929 . .	641,83 „ „
1927 . .	606,25 „ „	1930 . .	681,82 „ „

Die Zahl der angeschlossenen Großkraftverbraucher hat sich auf 298 mit 278,46 Mill kWh, die der Kleinkraftabnehmer auf 37 680 mit 46,97 Mill kWh und die der angeschlossenen Haushaltungen auf 114 450 mit 21,12 Mill kWh vermehrt.

Das bedeutendste Wasserkraftwerk Mexikos ist die L e r m a - Anlage; die zu stauende Wassermenge beträgt z. Z. im Maximum 160 Mill m³, soll aber später durch Erhöhung des Dammes auf 500 Mill m³ gebracht werden. Zwei 34 000 PS-Einheiten, die dort jetzt installiert sind, bilden etwa die Hälfte der insgesamt für dies Werk vorgesehenen Leistung. Die erzeugte Elektrizität dient der Versorgung der Stadt Mexiko. Von den Mexican Railway Co., die die Stadt Meriko mit Vera Cruz verbindet, ist ein Teil auf elektrischen Betrieb umgestellt. Diese beiden Gesellschaften, die ihren Sitz in Toronto haben und lange Zeit nur mit britisch-kanadischem Kapital arbeiteten, gehören heute zum Interessenbereich der Sidro und der ihr nahestehenden Sofina.

Auch die anderen mexikanischen Elektrizitätsgesellschaften scheinen nach vorläufigen Berichten für 1930 erhöhte Produktionsziffern aufzuweisen. Die Einfuhr elektrotechnischer Erzeugnisse, die in den letzten Jahren zu über 50 % von den V. S. Amerika bestritten wird, hat sich jedoch von 3,29 auf 2,53 Mill Pes vermindert. *A. Fr.*

VEREINSNACHRICHTEN.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 7 Pallas 7286.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Verzeichnis der Verlagswerke des VDE.

Die Verlagsabteilung des VDE läßt soeben ein neues Verzeichnis der vom VDE zu beziehenden Verlagswerke erscheinen.

Wir bringen nachstehend einen Auszug:

	RM
V o r s c h r i f t e n b u c h d e s V D E, 18. Auflage (1100 S.) . . . . (für VDE-Mitglieder 16,20)	18,—
F a c h b e r i c h t e d e s V D E 1931 (geheftet) . (für VDE-Mitglieder 9,—)	12,—
„ gebunden . . . . (für VDE-Mitglieder 10,50)	14,—
(Frühere Ausgaben auf Anfrage)	
J a h r b u c h d e r E l e k t r o t e c h n i k (S t r e c k e r). Es sind gebundene Exemplare der Jahrgänge 1925, 1926 und des Abschlußbandes 1927 vorrätig, jed. Jahrg. (herabgesetzt)	6,50
F e s t s c h r i f t des Elektrotechnischen Vereins e. V. in B e r l i n zum 50jährigen Bestehen (400 S. mit vielen Tafeln und Abbildungen), 1930 . . . . (für VDE-Mitglieder 15,—)	20,—
F e s t s c h r i f t der Elektrotechnischen Gesellschaft in F r a n k f u r t a. M a i n zum 50jährigen Bestehen (125 S. mit vielen Tafeln), 1931 (für VDE-Mitglieder 5,—)	6,—
T e c h n i s c h e Z e i t s c h r i f t e n s c h a u. Herausgegeben vom VDE gemeinsam mit dem VDI. Bezugspreis für den laufenden Jahrgang vierteljährlich . . . . (für VDE-Mitglieder 6,50)	7,25
V D E - M i t g l i e d e r v e r z e i c h n i s . . . . (für VDE-Mitglieder 1,25)	5,—
A b o n n e m e n t a u f s ä m t l i c h e V D E - S o n d e r d r u c k e. (Zusendung nach Erscheinen.) (Die Preise werden einzeln festgesetzt.)	
V D E - S o n d e r d r u c k v e r z e i c h n i s	kostenlos
S a m m e l m a p p e f ü r V D E - S o n d e r d r u c k e (für VDE-Mitglieder 1,25)	1,50

Die Preise verstehen sich a u s s c h l i e ß l i c h Versandspesen.

Der VDE gibt ferner den „M e s s e f ü h r e r d u r c h d a s H a u s d e r E l e k t r o t e c h n i k" heraus, sowie gemeinsam mit dem VDI die Zeitschriften „El Pro-

greso de la Ingeniera" und „Engineering Progress", gemeinsam mit dem EV (Berlin) die „Elektrotechnische Zeitschrift" und das „Archiv für Elektrotechnik".

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker

Berlin W 57, Kurfürstenstraße 15/16.

Betrifft: Unberechtigte Benutzung des VDE-Zeichens.

Die VDE-Prüfstelle hatte im Oktober v. J. auf Grund eines früheren Urteils bei dem Landgericht Nürnberg den Antrag gestellt, über die Firma ESCO, Schneider & Co., Neumarkt, Oberpfalz (jetzt: Regensburg), wegen erneuter unberechtigter Benutzung des VDE-Zeichens eine Strafe zu verhängen. Das Landgericht Nürnberg hat daraufhin unter dem 31. III. 1931 (Aktienzeichen: HK VI A 60/28) folgenden Beschluß gefaßt:

„Beschluß
in Sachen
des Verbandes Deutscher Elektrotechniker, Berlin,
Antragsteller,
gegen
die Firma ESCO, Elektr. Fabrik Schneider & Co., Regensburg, Greflingerstr. 3, Antragsgegnerin,
wegen Festsetzung
auf Grund des in der Sitzung vom 24. III. 1931 gestellten Antrages:

I.

Die Antragsgegnerin wird wegen Zuwiderhandlung gegen das rechtskräftige Anerkenntnisurteil des Landgerichts Nürnberg vom 19. IV. 1930 zu einer Geldstrafe von
RM 300,—
und zur Tragung der Kosten dieses Verfahrens verurteilt.

II.

Der Streitwert der Zwangsvollstreckung wird auf RM 1000,— festgesetzt."

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.
Zimmermann.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

J. T. Blondin †. — Am 21. IV. starb, 68 Jahre alt, Joseph-Théophile Blondin, der Direktor der „Revue Générale de l'Electricité". Die von ihm geleitete Zeitschrift entstand erst 1917 durch Verschmelzung zweier französischer Fachblätter; daß sie sich binnen kurzem zu einer der führenden elektrotechnischen Zeitschriften der Welt entwickeln konnte, verdankt sie in hohem Maße der von besonderer Befähigung unterstützten Arbeit Blondins, der in vielen Fällen selbst zur Feder gegriffen hat, um seine Leser mit einer neuen Entdeckung bekanntzumachen, deren zukünftige Bedeutung ihn sein Scharfblick erkennen ließ. Blondin war Physiker und hat sein Fach bis 1923 als Professor an verschiedenen Schulen vertreten; jedoch war er, der berufene Redakteur, schon von 1894 ab als Zeitschriftenleiter tätig, zuerst der Zeitschrift L'Eclairage Electrique, von 1904 an der Revue Electrique, bis diese 1917 in der Revue Générale de l'Electricité aufging.

E. Seefehlner. — Zum Nachfolger des Generaldirektors der Bundesbahnen, Dr. Strafella, dessen Wahl bekanntlich seinerzeit zu einer Ministerkrise geführt hat und der sonach seiner Stelle durch den Präsidenten der Verwaltungskommission enthoben wurde, ist der Vorsitzende des Direktoriums der Wiener AEG-Union Elektrizitätsgesellschaft, Baurat Dr.-Ing. Egon Seefehlner, a. o. Professor an der Wiener Techn. Hochschule, bestellt worden. Dr. Seefehlner wurde 1874 geboren und leitete viele Jahre lang die Bahnabteilung der AEG-Union; er gilt als ein hervorragender Fachmann besonders auf dem Gebiete des Baus und Betriebs elektrischer Bahnen. Der Bau der heute noch in Betrieb befindlichen Stubaitalbahn, der ersten mit hochperiodigem Wechselstrom betriebenen Bahn System Winter-Eichberg, der Mittenwaldbahn, der Wien-Preßburger Bahn, sind sein Werk. Zahlreiche Spezialbahnen, inbesondere die Drahtseilbahn auf den Erzberg mit Doppelbetrieb und einem Seil, verdanken ihr Entstehen seiner Initiative. Er war es, der, als die Elektrisierung der Österr. Bundesbahnen unerwartet unterbrochen wurde, sich an die Spitze ihrer Verfechter[1] stellte und durch seine sachliche und energische Kritik die öffentliche Meinung weitgehend beeinflußt hat. Man kann deshalb hoffen, daß er die noch bestehenden großen Schwierigkeiten beseitigen und die Elektrisierung wieder in Gang bringen wird, die nicht nur verkehrstechnisch sondern auch volkswirtschaftlich von hoher Bedeutung ist, nicht zum geringsten für die Lage der österreichischen Elektroindustrie. Er ist Verfasser des Handbuches der elektrischen Zugförderung.

E. Seefehlner.

Auszeichnungen. — Die T. H. Karlsruhe verlieh Herrn Dipl.-Ing. Ernst Richard Ritter in Berlin, „dem tatkräftigen, erfolgreichen Vorkämpfer auf dem Gebiete der Elektrowärmetechnik", die Würde eines Dr.-Ing. E. h.

Herr J. F. Scheid, Mitglied des Vorstandes der Porzellanfabrik Kahla und Geschäftsführer der Hermsdorf-Schomburg-Isolatoren-Gesellschaft, wurde von der T. H. Dresden in Anerkennung seiner hervorragenden Verdienste um die Entwicklung der Hochspannungs-Porzellanisolatoren zum Dr.-Ing. E. h. ernannt.

BRIEFE AN DIE SCHRIFTLEITUNG.

(Der Abdruck eingehender Briefe erfolgt nach dem Ermessen der Schriftleitung und ohne deren Verbindlichkeit.)

Verschiedenheitsfaktor, Wahrscheinlichkeitstheorie und ihre Anwendung in elektrowirtschaftlichen Rechnungen.

In seiner, in ETZ 1931, S. 441, erschienenen Arbeit erklärt Dipl.-Ing. G. SCHNAUS, Darmstadt, die bekannt gewordenen Verfahren zur Vorausberechnung des Belastungsausgleichs mittels der Wahrscheinlichkeitsrechnung seien nicht richtig und ungeeignet, diesen Ausgleichsvorgang befriedigend zu beherrschen.

Als Verfasser eines der kritisierten, den Lesern der ETZ übrigens schon 1926, S. 1355, bekanntgegebenen Verfahrens, bemerken wir in Ablehnung jener Kritik, daß die Wahrscheinlichkeitsrechnung im allgemeinen nur als Rechnungschema, nicht aber als Versuch genetischer Erklärung der sog. Zufallserscheinungen gewertet sein will. Deshalb darf die Frage ihrer Anwendbarkeit nicht an Hand formaler Überlegungen, wie sie in der ETZ 1931, S. 441, zu fin-

[1] Vgl. ETZ 1928, S. 146.

den sind, entschieden werden. Ein praktisches Anwendungsbeispiel aus dem Betrieb der Schweizerischen Bundesbahnen, wie wir ein solches vor etwa einem Jahr veröffentlicht haben, das den Lesern der ETZ aus dem Bericht in der ETZ 1931, S. 388, bekannt ist, gibt mehr Aufschluß als bloße theoretische Betrachtungen. Es zeigt, daß tatsächlich das Schwankungsverhältnis der Leistung in Kraftwerken und Unterwerken, in denen es überdies jederzeit betriebsmäßig nachprüfbar ist, einer Vorausberechnung durch die Wahrscheinlichkeitsrechnung bei im allgemeinen gleichartigen Abnehmern ohne weiteres zugänglich ist. Die Ableitung geeigneter „Höchstlastziffern" aus dem Schwankungsverhältnis und deren Verwertung in der Preisbildung für die elektrische Arbeit stellen folgerichtige Erweiterungen dar. Indem also für gleichartige Abnehmer die Vorausberechnung des Belastungsausgleichs praktisch bewerkstelligt ist, erscheint sie als grundsätzlich anwendbar. Wie man die bei ungleichartigen Abnehmern zunächst bestehende Schwierigkeit beseitigt, darüber braucht heute noch kein abschließendes Urteil zu fallen. Daran aber müssen wir festhalten, daß es wissenschaftswidrig ist, die Vorausberechnung des Belastungsausgleichs mittels der Wahrscheinlichkeitsrechnung abzulehnen, bevor sie nur genügend versucht worden ist.

Zürich, 23. V. 1931. W. Kummer.

Erwiderung.

Ich möchte mir nur zu zwei Punkten der vorstehenden Ausführungen von Herrn Prof. KUMMER einige Anmerkungen erlauben. Zunächst ist ein gewisser Widerspruch insofern festzustellen, als Herr KUMMER einerseits der Meinung ist, die auch ich teile, daß nämlich die Wahrscheinlichkeitstheorie allein kein Mittel bietet, ungleichartige Abnehmer der Berechnung zu unterziehen. Ich habe in meinen früheren Ausführungen auch an zwei Beispielen zahlenmäßig gezeigt, wie eng in dieser Beziehung die Grenzen gezogen sind. Nachdem nun aber anderseits solche verschiedenartigen Verbraucher fast die Regel sind — besonders wenn man letzten Endes den Ausgleich der Gruppen untereinander betrachtet — muß danach gestrebt werden, auch *ihren* Ausgleich zu erfassen. Das kann die Wahrscheinlichkeitsrechnung nicht, infolgedessen darf wohl behauptet werden, daß sie den gesamten Ausgleichsvorgang nicht befriedigend beherrschen kann. Diese klare Schlußfolgerung wird aber von Herrn KUMMER abgelehnt.

Das andere ist folgendes: Entscheidend für die Anwendbarkeit sollen praktische Erfahrungen sein, wie solche z. B. durch die erwähnten Untersuchungen bei den Schweizerischen Bundesbahnen gewonnen worden sind. Der Wert derartiger Ergebnisse an sich soll nun durch eine Theorie erweitert werden, die es gestattet, auch auf andere als die untersuchten Verhältnisse zu schließen. Nun zeigt sich aber, daß zur Erklärung dieser Meßergebnisse nicht nur die von Herrn KUMMER entwickelte Theorie, sondern auch noch andere in der Lage sind.

Um in diesem Fall zu einer Entscheidung zu kommen, müßte man entweder zu weiteren Messungen greifen, die aber wahrscheinlich genau wie diese in ihren Ergebnissen für mehrere Hypothesen als Beweis dienen können, weil die errechneten Werte weitgehend zusammenfallen. Schließlich bleibt dann für den Entscheid über die Richtigkeit nur noch die theoretische Betrachtung der Hypothesen selbst; diese lehrt, daß die von Herrn KUMMER entwickelte Theorie leider nicht zutreffend ist, so geistreich und interessant der Versuch an sich auch ist. Ich habe seinerzeit allerdings den kürzesten Weg zu diesem Ziel gewählt, der leider nicht dartun konnte, *warum* der Fehler entstanden ist. Die Grenzwerte dieser Theorie sind und bleiben falsch, wie ebenfalls durch Messungen belegt ist, und damit hat der Entwurf derselben keinen Zweck; sie ist nicht in allen Bereichen gültig, weil ihre Voraussetzungen nicht erfüllt sind, und bringt also gegenüber den Meßwerten nichts Neues.

Die Anwendung dieser Werte in der Preisgestaltung ist ebenfalls abzulehnen, läuft sie doch letzten Endes auf eine Spitzenanteilmethode hinaus, deren theoretische und praktische Mängel ja genügend bekannt sind.

Darmstadt, 31. V. 1931. Günter Schnaus.

LITERATUR.

Besprechungen.

Elektrizität in Wohnhausbauten. Ein Hilfsbuch für Bauende. Von Dipl.-Ing. Fr. Mörtzsch. Mit zahlr. Abb. u. 107 S. in 8°. Verlag Vereinigung der Elektrizitätswerke E. V., Berlin 1930. Preis geb. 2,50 RM.

Das vorliegende, reich illustrierte Buch trägt der gegenwärtigen Entwicklung der Elektrizitätsanwendung im Haushalt volle Rechnung.

In früherer Zeit ist durch Herausgabe von Richtlinien versucht worden, Bauunternehmern und Privatpersonen, die sich mit Bauvorhaben beschäftigten, die Möglichkeit zu geben, bei der Herstellung von Bauten die Vorsorgungen zu treffen, welche eine zweckmäßige Anwendung der Elektrizität im Wohnhause ermöglichen. Diese Richtlinien sind vielfach gewandelt worden. Sie bestanden aus Text, der mehr für den Fachmann bestimmt war; bildliche Erläuterungen fehlten früher ganz. Infolgedessen verfehlten diese Richtlinien meistenteils ihr Ziel. Sie setzten nämlich doch schon eine gewisse Kenntnis der Materie und ein gewisses großes Interesse für den Spezialfall der elektrischen Installation voraus. Heute ist aber die zielbewußte Anwendung der Elektrizität im Haushalt ein so allgemeines Bedürfnis geworden, daß sie das tägliche Leben des Einzelnen, insbesondere der Hausfrau, maßgebend beeinflußt. Es ist nicht mehr das Licht allein, das interessiert, sondern Motoren aller Art, und die verschiedensten Elektrowärmegeräte werden benutzt, um die Arbeit im Hause zu erleichtern, und sie werden mit großer Freude von der Hausfrau begrüßt, vor allen Dingen auch das elektrische Kochen. Die Vorbedingungen, die bei der Errichtung von Gebäuden erfüllt werden müssen, um zweckmäßige, betriebsichere und vor allen Dingen ausreichend bemessene elektrische Installationen zu schaffen, sind daher zahlreicher geworden, und sie müssen bei jedem Bauvorhaben berücksichtigt werden; denn heute ist das Vorhandensein elektrischer Anlagen eine Selbstverständlichkeit. Der vorausschauende Bauherr muß mit dieser Entwicklung rechnen. Der Architekt, der Baumeister und alle die „vom Bau" sind, müssen sich daher mit der Elektrizität und ihren Einrichtungen so weit vertraut machen, daß sie ihre Auftraggeber verantwortungsbewußt beraten und ihrerseits daran mitarbeiten können, daß die elektrische Installation, genau so wie Wasserleitung und Heizung allen an sie zu stellenden Forderungen entspricht. Das oben angegebene Buch soll nun die hierzu notwendigen Kenntnisse über die verschiedenen Anwendungsmöglichkeiten der Elektrizität im Haushalt sowie über die zweckmäßigste Installation vermitteln. Diesen Zweck erfüllt das Büchlein in vollkommenster Form. Beachtenswert ist vor allen Dingen sein Aufbau. Die Inhaltsangabe ist nicht mehr rein textlich gegeben, sondern durch Abbildungen. Also ohne ein Wort zu lesen, erkennt man sofort, auf welcher Seite die Beleuchtung, die Leitungsverlegung, das Schlagwortverzeichnis zu finden sind. Alles ist darauf eingestellt, daß man ohne jede Mühe sofort das Richtige findet, und wer sich z. B. über Heißwasserspeicher informieren will, braucht nur die Blätter durch die Finger gleiten zu lassen und dort anzuhalten, wo sich ihm der Apparat im Bilde zeigt. Die Beschaffung des Büchleins lohnt sich schon der instruktiven Abbildungen wegen. Nachlässige und gute Ausführungen sind gegenübergestellt und schärfen so den kritischen Blick auch des bisher noch Ungeübten. Vorbildliche Darstellungen fordern zur Nachahmung heraus. Der ganze Inhalt ist einer Absicht entsprechend nur für den Wohnhausbau zugeschnitten. Er behandelt aber diesen auch vollständig von der Einführung der Leitungen in das Haus bis zum letzten Stromverbraucher und enthält nicht nur Anleitungen für die Ausführung der Installation sondern auch für die Unterhaltung. Infolgedessen darf gesagt werden, daß dieses Buch in allen Kreisen des Bauunternehmertums und der Verbraucher Nutzen stiften wird. Man kann ihm weiteste Verbreitung wünschen. K. Krohne.

Safety Methods in Power System Construction. Bearb. v. Accident Prevention Committee, Engineering National Section, National Electric Light Association. Mit 57 Abb., IV u. 200 S. in kl. 8°. 1930. Zu bez. dch. National Electric Light Association, New York, N. Y., 420 Lexington Ave. Preis kart. 75 cts.

Das Buch ist in erster Reihe für die Kreise bestimmt, die Kraftwerke, Freileitungen, Kabelnetze und Fabrikanlagen bauen oder deren Bau überwachen. Es enthält in der Hauptsache Angaben über Verhütung von Unfällen bei der Montage. In einem Abschnitt wird eine systematische Übersicht über alle Arten von Unfällen und deren Ursachen gegeben, die möglicherweise bei derartigen Bauausführungen eintreten können. Interessant sind die Schaulinien über den Zusammenhang der Unfälle mit Jahreszeit, Wochentag und Tageszeit. Sehr eingehend werden Werkzeuge und sonstige Hilfsmittel — u. zw. vom Gesichtspunkt der Gefahrenquelle aus — behandelt und sehr eingehende Ratschläge über ihre Auswahl und Behandlung gegeben. Vielfach wird auf Sicherheitsbestimmungen hingewiesen, die von amerikanischen Körperschaften heraus-

gegeben sind. Wie vielseitig das Buch ist, kann man aus der nachstehenden Aufzählung einiger Abschnitte erkennen: Absperrmaßnahmen; Unterweisung der Arbeiter; Feuerschutz; Umgang mit Sprengstoffen, Gas und Flüssigkeiten; Lagerung von Werkstoffen; Transportmittel für Materialien (Karren, Schlepper, Hilfsbahnen); Abbrucharbeiten; Ausschachtungen; Tunnelbau, Hebezeuge (Krane, Aufzüge, Gerüste, Seile); Maurerarbeiten; Stahlbauten; Hilfsböden. — Transport und Aufstellung von Turbinen, Kesseln und Maschinen; Aufräumungsarbeiten. Elektrische Messungen auf der Montage. Arbeiten in der Nähe von Hochspannung. Einfluß von Dämpfen, z. B. Rauchentwicklung bei Blitzlichtaufnahmen; Reparaturen, Überwachung und Störungen in elektrischen Anlagen; Ausführung von Kabelnetzen, Freileitungen und Straßenbeleuchtungsanlagen.

Eine Literaturzusammenstellung gibt eine Übersicht über wichtige amerikanische Veröffentlichungen über Unfallverhütung.

Das Buch kann allen denen, die sich mit der praktischen Ausführung elektrischer Anlagen befassen, empfohlen werden, da eine derartige eingehende Behandlung aller einschlägigen Fragen in einem Buch vereinigt in der deutschen Literatur meines Wissens nicht vorhanden ist.

A. Molly.

Weltwirtschaft. Monatschrift für Weltwirtschaft und Weltverkehr. Herausgegeb. v. der Deutschen Weltwirtschaftlichen Gesellschaft. Schriftleitung Max Roscher. Sonderheft: Der elektrische Nachrichtenverkehr. 1930, 18. Jahrg., Heft 8. Kurt Vowinckel Verlag G. m. b. H., Berlin. Einzelheft 2 RM.

Die von der Deutschen Wirtschaftlichen Gesellschaft herausgegebene Monatschrift „Weltwirtschaft" bringt ihr Heft 8 vom August 1930 als Sonderheft „Der elektrische Nachrichtenverkehr" heraus. Das Sonderheft enthält nach einem Geleitwort des Reichspostministers Schätzel an erster Stelle eine Abhandlung von Staatssekretär Feyerabend, „Organisations- und Finanzprobleme des elektrischen Fernmeldewesens", die in der Hauptsache behandelt die Betriebsformen der elektrischen Nachrichtenvermittlung (Staatsbetrieb und Privatbetrieb) mit ihren Vorteilen und Nachteilen, die Tarifpolitik des Staates hinsichtlich der Nachrichtenvermittlung (Gebührenprinzip und Prinzip der öffentlichen Unternehmung) sowie endlich die Finanzpolitik der Deutschen Reichspost in der Nachrichtenvermittlung. An nächster Stelle des Sonderhefts zeigt Prof. K. W. Wagner in einer Abhandlung „Wissenschaft und Fernmeldewesen" an einer Reihe von Beispielen die Verbundenheit des Fernmeldewesens mit der wissenschaftlichen Forschung. Ministerialrat Höpfner behandelt „Die Organe des zwischenstaatlichen Fernmeldeverkehrs" und Oberpostrat Wittiber stellt an Hand statistischer Daten „Das Fernmeldewesen in den wichtigsten europäischen Ländern und in den Vereinigten Staaten von Amerika" dar. Weiter werden zeitgemäße Fragen des Fernmeldewesens besprochen in den Abhandlungen „Die Rationalisierung des Fernsprechverkehrs" (Ministerialrat Kölsch), „Die Mittel des Weltfernsprechverkehrs" (Ministerialrat Mentz), „Die Stellung Deutschlands im internationalen Fernsprechverkehr" (Oberpostrat Wiehl), „Modernisierung des Telegraphenbetriebs" (Ministerialrat Kunert), „Der Funk als Nachrichtenverkehrsmittel" (Oberpostrat Münch), „Zwischenstaatliche Rundfunkprobleme" (Ministerialrat Thurn) sowie „Kabel- und Funkbetriebe der Telegraphen-Verwaltungen und -Gesellschaften" (Ministerialrat Giess). Buttler.

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Die deutschen Elektroaktiengesellschaften am 31. XII. 1930[1]. — Anfang 1930 bestanden im Deutschen Reich nach der amtlichen Aktienstatistik[2] ohne Berücksichtigung der Konzern- und Beteiligungsgesellschaften 231 Aktiengesellschaften der elektrotechnischen Industrie mit einem Nominalkapital von 893 Mill RM. Im Laufe des Jahres sind drei kapitalmäßig kleinere Aktiengesellschaften dieses Industriezweigs neu gegründet worden; Kapitalerhöhungen wurden insgesamt um 17 Mill RM vorgenommen. Die ungünstige Wirtschaftslage tritt jedoch in den Abgangziffern stark in Erscheinung. Neben Kapitalherabsetzungen in Höhe von insgesamt 9 Mill RM meldet die Statistik 6 Konkurse von Gesellschaften, die zusammen über 1 Mill RM Kapital verfügten, und 10 Auflösungen durch Liquidation oder Fusion mit 5 Mill RM. Ende 1930 wurden also 218 elektrotechnische Aktiengesellschaften mit 895 Mill RM Nominalkapital gezählt.

Wesentlich günstiger war die Entwicklung der Elektrizitätswerke in der Unternehmungsform der Aktiengesellschaft. Zu dem Anfangsbestand von 192 Gesellschaften mit 1686 Mill RM Nominalkapital kamen durch Gründung 12 Gesellschaften mit [illegible]2 Mill RM, durch Umstellung 3 Gesellschaften mit 0,4 Mill RM und durch Kapitalerhöhungen einer Reihe von Unternehmen weitere 263 Mill RM, insgesamt also 15 Aktiengesellschaften und 425 Mill RM Nominalkapital neu hinzu. Dagegen betrug die Verminderung durch Fusion, Liquidation oder Gegenstandsänderung nur 6 Gesellschaften und 10 Mill RM, so daß am Schluß des Berichtsjahres in Deutschland 201 Elektrizität produzierende Aktiengesellschaften mit insgesamt 2101 Mill RM Nominalkapital vorhanden waren.

Die nachstehende Übersicht, die die Verteilung der Aktiengesellschaften nach Anzahl und Kapital auf die einzelnen Größenklassen zeigt, läßt bei Gegenüberstellung mit den entsprechenden Ziffern des Vorjahres deutlich erkennen, daß die Konzentration des Aktienkapitals immer weitere Fortschritte macht. Während es Ende 1929 in der elektrotechnischen Industrie noch 147 Aktiengesellschaften mit zusammen 19,9 Mill RM in der Größenklasse der Unternehmen bis 0,5 Mill RM gab, waren es Ende 1930 nur noch 132 mit rd. 18 Mill RM. Über ein Kapital zwischen 0,5 und 5 Mill RM verfügten im letzten Jahr in dieser Gewerbegruppe 61 (58 i. V.) Aktiengesellschaften mit 101 (94,8 i. V.) Mill RM Kapital. Die Zahl der Großunternehmen mit je zwischen 5 und 50 Mill RM hat sich um eins auf 21 Gesellschaften, das Kapital um 4 Mill RM auf 281 Mill RM verringert. Bei den vier größten Unternehmen mit je mehr als 50 Mill RM Aktienkapital erhöhte sich das gesamte Kapital um [illegible] auf 495 Mill RM. Diese vier Gesellschaften, u. zw. Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft, Siemens-Schuckertwerke AG., Siemens & Halske AG. und Felten & Guilleaume Carlswerk AG. verfügen also allein über 55,3 % des Gesamtkapitals aller Aktiengesellschaften der Elektroindustrie.

Die am 31. XII. 1930 tätigen Elektroaktiengesellschaften nach Kapitalgrößenklassen

Am 31. XII. 1930 hatten ein Aktienkapital von 1000 RM	Elektroindustrie		Elektrizitätswerke	
	Zahl der Gesellschaften	Nominalkapital Mill RM	Zahl der Gesellschaften	Nominalkapital Mill RM
5	5	0,02	1	0,01
5 bis 50	22	0,58	9	0,24
50 „ 100	30	1,8	8	0,5
100 „ 500	75	15,6	38	8,7
500 „ 1 000	20	12	5	3
1 000 „ 5 000	41	89	63	155
5 000 „ 20 000	16	142	54	544
20 000 „ 50 000	5	139	13	380
mehr als 50 000	4	495	10	1 009
Zusammen:	218	895	201	2 101

Noch schärfer tritt der Rückgang der kleinen und mittleren Unternehmen bei gleichzeitiger Zunahme der Großbetriebe bei den Aktiengesellschaften der Elektrizitätswerke in Erscheinung. Die Anzahl der Gesellschaften mit einem Kapital von je zwischen 5 und 20 Mill RM wuchs im Laufe des Jahres 1930 von 46 auf 54, ihr Gesamtkapital von 455 auf 544 Mill RM. Durch Kapitalerhöhungen und den Zugang von drei Aktiengesellschaften mit je 50 Mill RM und mehr Nominalkapital — es sind dies die früher in der Gesellschaftsform der G. m. b. H. betriebenen Vereinigten Elektrizitätswerke Westfalen AG. (120 Mill RM), die vordem unter städtischer Regie arbeitende Dresdener Gas-, Wasser- und Elektrizitätswerk AG. (70 Mill RM) und das Elektricitätswerk Südwest AG. (50 Mill RM) — erfuhr die Anzahl der Elektrizitätswerk-Aktiengesellschaften dieser Größenklasse dem Vorjahr gegenüber eine Steigerung von 7 auf 10, das Aktienkapital von 684 auf 1009 Mill RM. *Al.*

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1612.
[2] Wirtsch. u. Stat. Bd. 11, S. 210 (1931).

Abschluß des Heftes: 4. Juli 1931.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 16 750 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

ETZ

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

INHALT

29. HEFT · 52. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9
(921—952) 16. JULI 1931

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

52. Jahrgang | Berlin, 16. Juli 1931 | Heft 29

Die XXXV. Jahresversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker in Frankfurt a. M.

Nachdem im Jahre 1930 gleichzeitig mit der Weltkraftkonferenz nur eine geschäftliche Tagung des Verbandes in Berlin stattgefunden hatte, wurde in diesem Jahre im Zusammenschluß mit der Vereinigung der Elektrizitätswerke die Tagung wieder als eine Volltagung, also in einem festlichen Rahmen und mit einem Programm von mehreren Hauptvorträgen und einzelnen Fachberichten abgehalten.

Diese groß angelegte Tagung, an der sich auch noch der Zentralverband der deutschen elektrotechnischen Industrie und die Vereinigung der elektrotechnischen Spezialfabriken beteiligten, fand in den Tagen vom 21. bis 24. Juni in Frankfurt a. M. statt. Ein besonderer Anlaß, diese Stadt zu wählen, bestand darin, daß die Elektrotechnische Gesellschaft Frankfurt a. M. in diesem Jahre das 50. Jubiläum ihrer Gründung beging und daß vor 40 Jahren die Internationale Elektrotechnische Ausstellung, gleichzeitig mit einem Internationalen Elektrotechnikerkongreß stattfand, Ereignisse, welche die Elektrotechnik in hohem Maße befruchteten. Über die Jugend- und Entwicklungszeit der ETG-Frankfurt a. M. hat Herr Direktor Paul Schneider in der Festschrift der ETZ eine lebendige Schilderung gegeben und über die denkwürdige Ausstellung des Jahres 1891 gab Oskar von Miller in seinem Festvortrag, über den unten berichtet wird, aus dem Schatze seiner Erinnerungen ein abgerundetes Bild.

Als Auftakt der Elektrotagung feierte die Elektrotechnische Gesellschaft Frankfurt a. M. am Sonnabend, den 20. Juni, in engerem Kreise das goldene Jubiläum ihres Bestehens mit einem Festabend im Palmengarten. Herr Generaldirektor Prof. Fr. Salomon, der 1. Vorsitzende der Gesellschaft, gab nach Begrüßung der Gäste einen kurzen Abriß der Entwicklung der Gesellschaft, deren Gründung von Hofrat Dr. med. et phil. Theodor Stein und Oberpostdirektor Geheimrat A. Heldberg ausging. Unter den Anwesenden befanden sich die schon vor 25 Jahren zu Ehrenmitgliedern der Gesellschaft ernannten Pioniere der Elektrotechnik Oskar von Miller und Georg Montanus, denen der Vorsitzende zum 50. Jubiläum der Gesellschaft eine Erneuerungsurkunde überreichte. Zugleich wurden zu Ehrenmitgliedern der Gesellschaft ernannt die Herren Dr. Karl Friedrich von Siemens, Prof. Dr. W. Petersen, Prof. Dr. F. Dessauer, Dr. Heinrich Voigt und Prof. S. Ruppel. Hierauf begrüßte Oberlandesgerichtspräsident Hempen im Namen der Regierung den Verein und überbrachte Oberbürgermeister Dr. Landmann die Glückwünsche der Stadt Frankfurt. Prof. Petersen beglückwünschte als Vorsitzender des Verbandes Deutscher Elektrotechniker den Frankfurter Verein im Namen sämtlicher dem Verbande angeschlossener Zweigvereine und der Vereinigung der Elektrizitätswerke, indem er im Auftrage des VDE der Elektrotechnischen Gesellschaft Frankfurt a. M. eine Bronzebüste von Oskar von Miller überreichte. Für den Verein deutscher Ingenieure und die technischen Vereinigungen Frankfurts überbrachte Dr.-Ing. Maurach Glückwünsche, sowie Prof. Dr. Hueter, Darmstadt, solche der wissenschaftlichen Institute und technischen Lehranstalten. Alle Redner betonten die große Bedeutung der ETG Frankfurt a. M. für die Entwicklung der elektrotechnischen Industrie und Förderung der wissenschaftlichen Arbeit.

Anläßlich ihres Jubiläums hatte die Gesellschaft eine von Prof. Ruppel besorgte wertvolle und reichhaltige Jubiläumschrift herausgegeben, die in einem starken Band von 120 Seiten eine chronologische Zusammenstellung technischer Daten aus der Entwicklung der Elektrotechnik mit statistischen Angaben darstellt und auf 24 beigefügten Tafeln mit einer Reihe anziehender und lehrreicher Bilder von elektrotechnischen Erzeugnissen der Gegenwart und der Zeit vor 40 Jahren geschmückt ist.

Ebenfalls am Sonnabend, den 20. Juni, hielt die Vereinigung der Elektrizitätswerke eine interne Mitgliederversammlung unter dem Vorsitz von Direktor Dr. Jahnke im Saalbau ab, in der der Geschäftsführer Dr. Passavant den Geschäftsbericht erstattete. Letzterer nahm gegen die hohen Forderungen der Reichsrundfunk-Gesellschaft in Sachen Störungen der Rundfunkhörer durch die Stromerzeugung, Stromverteilung und den Gebrauch elektrischer Geräte Stellung und verwies die Lösung dieser zum Teil noch ungeklärten Fragen auf gemeinsame Arbeit mit technisch-wissenschaftlicher Grundlage. Weiter enthielt der Geschäftsbericht eingehende Ausführungen über die Stromverwertung für Wärmezwecke; diese wichtige Frage wird in einer besonderen Abteilung der Vereinigung der Elektrizitätswerke mit einer eigenen Versuchs- und Lehrküche technisch und wirtschaftlich geprüft und durch einen umfangreichen Aufklärungsdienst gefördert. Nach Erledigung der Regularien erfolgte die Neuwahl der turnusgemäß ausscheidenden Vorstandsmitglieder. An Stelle von Direktor Petri, Stettin, wurde zum 1. stellvertretenden Vorsitzenden Herr Generaldirektor Lange, Gispersleben, gewählt, für Herrn Landesbaurat Langlotz, München, bisherigen 2. stellvertretenden Vorsitzenden, Herr Direktor Dr. Rehmer, Berlin. Ferner traten in den Vorstand ein als Beisitzer die Herren Landesbaurat Anderl, München, und Direktor Vincenz, Hamburg.

In Verfolg der Bestrebungen der Vereinigung der Elektrizitätswerke zur Förderung der Stromverwendung zu Wärmezwecken in Industrie und Haushalt hielt im Anschluß an die Mitgliederversammlung Herr Stadtrat Dr. Schmude, Frankfurt a. M., einen weiteren Kreisen zugänglichen Vortrag über „Die erste Verwendung der Elektrizität in größerem Umfange in einer Siedlung und ihr Erfolg".

Die Vollelektrisierung eines neuen Stadtteils, wie ihn die Siedlung Römerstadt in Frankfurt a. M. mit ihren 1200 Wohnungen darstellt, unter bewußtem Verzicht auf eine zweite Energiezuführung hat weit über die Fachwelt hinaus Interesse gefunden. Drei Jahre sind die elektrischen Küchen, Geräte und Einrichtungen der Römerstadt nunmehr in Betrieb, so daß ein Urteil über die dort gesammelten Erfahrungen abgegeben werden kann. Der elektrische Ausbau der Römerstadt in einem damals für Deutschland ungewohnten Ausmaß hat zu lebhaften Erörterungen Anlaß gegeben. Die Elektrizitätseite ist dem Meinungstreit bewußt ferngeblieben, weil von Anfang an die Auffassung vertreten wurde, daß nur die Praxis darüber entscheiden könne, ob der eingeschlagene Weg richtig war.

Daß er richtig war, bewiesen die Ausführungen des Vortragenden. Er stellte zunächst fest, daß die Elektrisierung der Römerstadt kein Experiment war. Es galt, wie schon aus einem im Jahr 1925 der Stadt Frankfurt a. M. von Prof. Klingenberg erstatteten Gutachten hervorgeht, den Belastungsfaktor zu verbessern, was mangels einer entsprechend stromverbrauchenden und möglichst auch in großem Umfang Nachtstrom abnehmenden Industrie nur durch Absatzsteigerung im Haushalt

möglich war. Die technische Seite der Haushaltselektrisierung konnte nach den Erfahrungen bei andern Siedlungen als gelöst betrachtet werden. Strittig war nur die Wirtschaftlichkeit der elektrischen Küche, d. h. die Frage, ob der sogenannte Frankfurter Tarif, ein nach der Zimmerzahl gestaffelter Regelverbrauchstarif, sowohl für Stromerzeuger als auch für Stromabnehmer tragbar war. Bei der Planung der Siedlung wurden genaue Vorausberechnungen des Stromverbrauches aufgestellt. Sie stimmen mit den tatsächlich ermittelten Zahlen so gut überein, daß es grotesk ist, von einem Fehlschlag der Elektrisierung der Römerstadt zu sprechen. Grundsätzlich muß auch die immer versuchte Beweisführung durch Gegenüberstellung von Verbrauchszahlen aus Gashaushalten mit denen der Römerstadt abgelehnt werden, weil die verschiedenen Faktoren den Energieverbrauch verschieden beeinflussen, beim Kochen z. B. nicht zuletzt die persönliche Kochkunst der Hausfrau und bei der Warmwasserbereitung, je nach dem Grad der Bequemlichkeit, die Ansprüche an diese Anlage. In der Verbesserung der Lebenshaltung des Inhabers einer mit allem Komfort eingerichteten Wohnung ist die nicht bestrittene teilweise Erhöhung der effektiven Ausgaben für Energiebezug gegenüber den früheren Verhältnissen zu suchen, nicht aber in der Elektrisierung des Haushaltes an sich.

Die sehr auseinandergehenden Angaben der Siedler über die Verteuerung durch die elektrische Küche — zwischen 15% und 100% — zeigen, wie verschieden elektrische Küchengeräte noch gehandhabt werden, wie wichtig also sachgemäße Belehrung und Werbung sind. In einer während der ersten eineinhalb Betriebsjahre unterhaltenen Lehrküche wurde den Hausfrauen Gelegenheit geboten, sich an Kochkursen zu beteiligen. Alle Haushaltungen mit zu hohem oder zu niedrigem Stromverbrauch werden durch Werbedamen besucht. So wurde erreicht, daß sich der monatliche Strombezug je Wohnung in der Römerstadt seit Bezug der letzten Wohnungen, abgesehen von den durch die Jahreszeit bedingten Schwankungen, auf unveränderter Höhe hält. Daß im übrigen ebenso eine Ermäßigung des Strompreises wie der Miete u. dgl. verlangt wird, ist keine Frankfurter Sondererscheinung und hat mit der Frage der tatsächlichen Wirtschaftlichkeit gar nichts zu tun.

Zusammenfassend kann als Ergebnis des jetzt dreijährigen Betriebes in der Römerstadt festgestellt werden: 1. Der von den Elektrizitätswerken erwartete Stromabsatz wirkt sich mengenmäßig und zeitlich in günstigster Weise aus. 2. Die elektrischen Herde und Heißwasserspeicher arbeiten technisch einwandfrei. 3. Bei den bestehenden Tarifen halten sich die Stromkosten in durchaus wettbewerbsfähigen Grenzen.

Der Vortrag, an den sich eine kurze Aussprache anschloß, fand die lebhafte Zustimmung der Fachmänner.

Am Sonntag, den 21. Juni, fanden im Rathaus die üblichen vorbereitenden Sitzungen des Vorstands und Ausschusses des Verbandes statt. Vorstand und Ausschuß wurden in der Mittagstunde im Kaisersaal des Römers vom Oberbürgermeister Frankfurts, Herrn Dr. Landmann, willkommen geheißen. Dieser erinnerte in einer feierlichen Ansprache daran, daß Frankfurt die deutsche Elektrotechnik gewissermaßen aus der Taufe gehoben habe. Ihre ruhmvolle Entwicklung setze mit der großen Internationalen Elektrotechnischen Ausstellung 1891 und dem gleichzeitig mit ihr abgehaltenen Ersten Deutschen Elektrotechnikerkongreß ein. In dieser ernsten Zeit sei es Aufgabe der mit der Wirtschaft des Reiches eng verbundenen Industrie wie der Elektrotechnik, aus dem Geiste der alten freien Reichstadt, der Stadt der Kaiserkrönungen, der Paulskirche und der Geburtstätte Goethes neue Kraft zu schöpfen in dem Kampfe um die deutsche Selbsterhaltung. Der Vorsitzende des Verbandes, Prof. Dr. Petersen, dankte namens der Leitung der Elektrotagung dem Stadtoberhaupt für diese Begrüßungsworte und bekräftigte, daß die Bedeutung Frankfurts für den Aufstieg und die Förderung der Elektrotechnik unvergessen bleiben werde.

Der Abend dieses Tages vereinigte die sämtlichen Teilnehmer der Tagung im Palmengarten zu dem Begrüßungsabend, der erfahrungsgemäß die beste Gelegenheit bietet, persönliche Fühlungnahme und Aussprache mit Berufsgenossen zu pflegen.

Der erste Versammlungstag am Montag, den 22. Juni, wurde durch die 35. Mitgliederversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker eingeleitet. Den Hauptbestandteil der Tagesordnung bildete wiederum der Bericht des Generalsekretärs Direktor Schirp über die Arbeiten des Verbandes seit der letzten mit den Vollmachten einer Jahresversammlung ausgestatteten Ausschußsitzung. Der Bericht ist in der ETZ 1931, S. 651 u. 683, bereits zum Abdruck gebracht worden und kann als bekannt vorausgesetzt werden.

Es wurden ferner Satzungsänderungen vorgenommen, über die später offiziell berichtet werden wird. Die Wahlen zum Vorstand ergaben die Wiederwahl auf zwei Jahre der am 31. XII. 1931 ausscheidenden Herren Brauns, Montanus, Petersen und Wechmann. Herr Dettmar hatte gebeten, von einer Wiederwahl abzusehen. Ferner wurden in den Vorstand auf zwei Jahre neu gewählt die Herren Bannwarth, Hamburg, Binder, Dresden, von Buol, Berlin, und Schreiber, Köln. Zum Vorsitzenden wurde auf zwei Jahre Herr Petersen gewählt. Als Ort der im Jahre 1932 turnusmäßig stattfindenden Arbeitstagung (Vorstand und Ausschuß) wurde München gewählt. Für die nächste Volltagung kommen die Städte Wien und Stuttgart in Frage, doch wurde die endgültige Beschlußfassung der Ausschußsitzung 1932 übertragen.

Die darauf um 11 h beginnende gemeinsame Eröffnungssitzung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker und der Vereinigung der Elektrizitätswerke vereinigte im großen Saale des Saalbaues etwa 1200 Mitglieder, zahlreiche Ehrengäste des In- und Auslandes und Vertreter der Reichs-, Staats- und Kommunalbehörden. Der Vorsitzende des VDE, Prof. Dr. Petersen, leitete die Verhandlungen mit einem Rückblick auf die Entwicklung der Elektrotechnik in den letzten 50 Jahren ein, wobei er an die damals einzig dastehende Leistung Oskar von Millers mit der Großkraftübertragung Lauffen—Frankfurt gelegentlich der Internationalen Elektrotechnischen Ausstellung 1891 in Frankfurt erinnerte. Die Elektrotechnik stehe heute genau wie vor einem halben Jahrhundert wieder vor neuen großen Aufgaben. Insbesondere sei die wirtschaftliche Kraftübertragung auf weite Entfernung, unter deren Motto die heutige Elektrotagung stehe, eine Aufgabe, die noch eine Fülle von Arbeit bringen werde.

Für die Vereinigung der Elektrizitätswerke richtete deren Vorsitzender Dr. Jahnke Begrüßungsworte an die Versammlung. Er führte hierbei aus, daß die Mechanisierung der Betriebe durch die Elektrizität den Menschen keinesfalls mechanisiere, sondern seine geistige Betätigung befruchte.

Im Namen der Reichs- und Staatsbehörden überbrachte Staatssekretär Dr. Feyerabend der Versammlung Glückwünsche und insbesondere herzliche Grüße der Reichsregierung an Herrn Oskar von Miller.

Der Oberbürgermeister Frankfurts Herr Dr. Landmann hieß die Versammlung namens der Stadt willkommen und feierte den damaligen Leiter der bedeutsamen Ausstellung, Herrn Oskar von Miller, der aus der Vorzeit herüberrage in die Zeit der heutigen Technik, in der er in unvermindertem Schaffensdrange wirke. Zur dauernden Erinnerung für die kommenden Geschlechter verleihe ihm die Stadt in Würdigung seiner großen Verdienste die Ehrenplakette der Stadt Frankfurt a. M. und benenne eine Straße nach Oskar von Miller.

Weiter überbrachten noch Grüße Prorektor Prof. Dr. Küntzel für die Universitäten und Technischen Hochschulen, Staatsminister a. D. Dr. Wendorff für die berufsverwandten Verbände und den preußischen und deutschen Städtetag, ferner Dr. K. Sulzberger für den Schweizerischen Elektrotechnischen Verein, für den Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke sowie für die berufsverwandten Verbände des Auslandes. Er erinnerte anschaulich an die Ausstellung vor 40 Jahren, deren Prüfungskommission er angehörte. Unter lebhaftem Beifall der Versammlung bekundete hierauf Ministerialrat Dr. Hruschka, Wien, die enge Verbundenheit der österreichischen Elektrotechnik mit der deutschen und wiederholte die schon von Wien aus ergangene Einladung an die deutschen Elektrotechniker, im Jahre 1933 ihre Tagung in Wien abzuhalten, wo der Wiener Elektrotechnische Verein die Feier seines fünfzigjährigen Bestehens feiern werde.

Der Vorsitzende dankte allen Rednern und erteilte hierauf Herrn Oskar von Miller das Wort zu seinem Vortrag über „Die geschichtliche Entwicklung der elektrischen Kraftübertragung auf weite Entfernung".

Es war ein denkwürdiger Augenblick, als nun in dieser, dem Andenken an die vergangenen Zeiten geweihten Versammlung Oskar von Miller die Kanzel bestieg, um aus freiem Gedächtnis ein historisches Bild großen Stils zu entfalten. Man konnte die als junger Elektrotechniker vor 40 Jahren in Frankfurt empfundene Begeisterung, als von einer unfaßbar fernen Stromquelle aus über schwache Leitungen Tausende von Lampen zum hellen Aufleuchten und Motoren in Bewegung gebracht wurden, von neuem er-

leben, als der Schöpfer jenes genialen Versuchs, ungebeugt von den Jahren, mit jugendlichem Temperament das große Werk vor den Zuhörern gleichsam von neuem entstehen ließ.

Es hatten sich, wie der Redner ausführte, in dem vorangegangenen Jahrzehnt schon andere Männer und Nationen um das Problem bemüht. Marcel Deprez führt während der Ausstellung in München eine Gleichstromübertragung mit 1500 ... 2000 V zwischen Miesbach und München auf eine Entfernung von 57 km vor[1], deren Wirkungsgrad indes recht gering war. Die Versuche wurden in größerem Maßstabe zwischen Paris und dem Vorort Creil mit Spannungen bis 6000 V wiederholt. Thury steigerte die Übertragungsspannung durch Hintereinanderschaltung der Maschinen. Eine neue Entwicklung setzte ein, als Zipernowsky, Déri und Blathy den Wechselstromtransformator verbesserten, der Wechselströme zwecks Übertragung auf weitere Entfernungen hinauf- und am Ort der Verwendung wieder herabtransformierte, eine Übertragung, der Marcel Deprez s. Z. nur einen geringen Wirkungsgrad voraussagen zu können vermeinte.

Hier setzte nun die Arbeit Oskar von Millers ein, der die auf Initiative Leopold Sonnemanns mit Hilfe der Stadt Frankfurt, des Reichs und der Industrie 1891 entstandene Internationale Elektrotechnische Ausstellung Frankfurt dazu benutzte, einen Kraftübertragungsversuch in großem Maßstabe mit Wechselstrom-Fernleitung in die Wege zu leiten. Er gab der Ausstellung ihren großzügigen Charakter, welcher der deutschen Elektrotechnik zum guten Teil ihren Weltruf verschaffte. Es bedurfte der ganzen Energie des jungen Leiters der Ausstellung, um die Schwierigkeiten zu meistern, die sich dem kühnen Unterfangen entgegensetzten. In technischer Beziehung standen die von Dolivo Dobrowolsky bei der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft und C. E. L. Brown bei der M.-F. Oerlikon mit Drehstrommotoren geleisteten Vorarbeiten und die bei der Kraftübertragung Bülach—Oerlikon gemachten Erfahrungen zur Verfügung.

Am 24. VIII. 1891 wurde die Leitung zum erstenmal unter Spannung gesetzt und tags darauf die Beleuchtung und Motoren der Ausstellung in Betrieb genommen. Es wurde eine Leistung von 235 PS vom Wasserkraftwerk Lauffen am Neckar nach Frankfurt a. M. auf 178 km mit einem Wirkungsgrad von 75 % übertragen. Die Spannung betrug 25 kV, ging aber zeitweise auch schon auf 27 kV, was um so bemerkenswerter ist, als ein großer Teil der Strecke nur mit kleinen Ölisolatoren verlegt war[2].

Der durchschlagende, durch genaueste Messungen gewährleistete Erfolg der Lauffener Kraftübertragung wirkte sich alsbald in dem Ausbau von Wasserkräften und der Verwendung minderwertiger Zechenkohlen zu Kraftübertragungen sprunghaft zunehmender Größe und Spannungen aus. In Deutschland fand die erste Übertragung mit Drehstrom von 50 kV vom Uppenborn-Werk nach München statt. Die erste 100 kV-Übertragung in Europa war diejenige von Lauchhammer nach Riesa. Im Jahre 1922 wurde die erste 220 kV-Anlage vom Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerk zwischen Ronsdorf und Lethmate in Westfalen errichtet.

Der Vortragende ging dann zur Kraftverteilung über, der neben der Kraftübertragung gleichfalls eine große Bedeutung zukam. Die Gebrauchsspannung der Glühlampen beschränkte s. Z. die Spannung der Verteilungsnetze auf 100 V, womit nur ein verhältnismäßig kleiner Wirkungsbereich erreicht werden konnte. Die Entwicklung ging über das Dreileiter- und selbst Fünfleitersystem für Gleichstromanlagen zu den Wechselstromanlagen mit Transformatoren, die es endlich gestatteten, große Städte von einem günstig gelegenen Kraftwerk aus mit Strom zu versorgen.

Daraus entstanden dann naturgemäß lebhafte Kämpfe zwischen den Vertretern des Gleichstrom- und anderseits des Wechselstromsystems, über die Oskar von Miller aus dem Schatz seiner persönlichen Erinnerungen interessante Merkmale erzählte. Auf der Frankfurter Ausstellung war die Frage schon dahin entschieden worden, daß jedem System je nach den örtlichen Verhältnissen seine Berechtigung zukomme.

Aber die Entwicklung blieb bei der Versorgung einzelner Städte nicht stehen, und da zeigte es sich, daß, wenn ein Komplex von Städten und Gemeinden von einer Stromerzeugungsstelle zu versorgen war, das neue Wechsel- bzw. Drehstromsystem dem Gleichstromsystem erheblich überlegen war. Es entstanden die Überlandwerke und daraus durch Zusammenfassung zu noch größeren Gebilden die großen, ganze Ländergebiete versorgenden Anlagen. So hatte das nach Millers Vorschlag errichtete Bayernwerk unter Benutzung der besonders günstigen Walchenseekraft das ganze rechtsrheinische Bayern durch eine alle Kreise berührende Landes-Sammelschiene in einheitlicher Weise mit Strom zu versorgen. Ähnliche Zusammenschlüsse entstanden in Baden, Württemberg und Mitteldeutschland; das größte dieser Werke ist das Rheinisch-Westfälische Elektrizitätswerk, welches eine Zentralenleistung von etwa 1½ Mill kW und eine Jahresarbeit von 3½ Mrd kWh über ein industriell hochentwickeltes Gebiet verteilt.

Diese Zusammenschlüsse erschienen wirtschaftlich so vorteilhaft, daß man daran dachte, nicht nur in den einzelnen Ländern, sondern für das ganze Reich eine einheitliche Stromversorgung unter Benutzung der günstigsten Wasserkräfte und Kohlenvorkommen herbeizuführen. Der Vortragende berichtete über das von ihm im Auftrag des Reichswirtschaftsministeriums verfaßte Gutachten betreffs einheitlicher Elektrizitätsversorgung des Reiches. Deren Schwierigkeit liegt vor allem in der Schaffung einer Organisation, in der die Interessen der Unternehmer und die der Abnehmer, d. h. also die verschiedenen Teile des deutschen Reiches in gerechter Weise gegeneinander abgeglichen werden, um hierdurch zu erreichen, daß die günstigsten Kraftquellen des Reiches unter Verwendung einer einheitlichen Reichssammelschiene allen Länderteilen, auch den zur Zeit weniger begünstigten, zugute kommen.

Die Vormittagsitzung, während der die Damen eine Stadtrundfahrt durch das alte und neue Frankfurt unternahmen, zog sich in die ersten Nachmittagstunden hinein, so daß man kaum Zeit zu einem kurzen Mittagsmahle fand, wenn man nicht die für die zweite Hälfte des Tages angesetzten technischen Besichtigungen oder Fachberichte versäumen wollte. Gemäß dem Hauptthema der Tagung „Die elektrische Kraftübertragung auf weite Entfernung" waren die Gruppen der Fachberichte auf Maschinen und Transformatoren, Kraftwerke, Kraftübertragung, Zusammenschluß von Kraftwerken und Installation mit Industrieanlagen beschränkt, so daß in diesem Jahre die Fernmeldetechnik leider keinen Raum mehr finden konnte. Das wird einem Beschluß des Ausschusses gemäß in den späteren Jahresversammlungen mit Rücksicht auf die hohe Bedeutung, die diesem Fachgebiet in der Elektrotechnik zukommt, durch eine entsprechende Gruppenverteilung vermieden werden. Den Abschluß des Tages bildete eine Festvorstellung im Opernhaus, wo die Operette „Der lustige Krieg" von Johann Strauß zur Aufführung gelangte und die Teilnehmer sich hernach zu einem schlichten Gesellschaftsabend vereinten.

Der zweite Versammlungstag am Dienstag, den 23. Juni, war vormittags den beiden Hauptvorträgen gewidmet. Es sprach zunächst Prof. Dipl.-Ing. A. Matthias, T. H. Berlin, Direktor der Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen, über „Die heutigen Probleme der Hochspannungskraftübertragung". Der Vortragende knüpfte an die von Oskar von Miller tagsvorher angeschnittenen Fragen an und führte aus, daß es lohne, von Zeit zu Zeit Umschau zu halten und die Entwicklungen der Vergangenheit mit dem gegenwärtigen Stande der Technik und den wirtschaftlichen Anforderungen an die Zukunft zu vergleichen. Hier trete zunächst die Frage nach der zweckmäßigsten Stromart auf, die seit der Frankfurter Ausstellung nicht verstummt sei. Wenn auch heute der Drehstrom von 50 Hz von der Erzeugung bis zum Verbraucher sich allgemein durchgesetzt habe, wobei Umformung auf Gleichstrom oder Wechselstrom anderer Frequenz zu den Sonderfällen gehören, so sei es auch um den hochgespannten Gleichstrom zur Kraftübertragung nie ganz still geworden[3], und gerade in der neuesten Zeit sei er für die Überbrückung weitester Strecken wieder in den Bereich der Möglichkeiten gerückt[4].

Die Steigerung der Spannung setze eine Verbesserung der Isolation voraus. An dem Problem des elektrischen Durchschlags werde mit dem Ziele der Erhöhung der Betriebsicherheit und Verringerung der Abmessungen der Isolation fortlaufend wissenschaftlich gearbeitet. Der Bau von Freileitungen sei heute bis zu Betriebspannungen von 400 kV möglich, wobei äußerste mechanische Festigkeit, Vermeidung zusätzlicher Verluste durch Glimmerscheinungen und Kompensation der Ladeströme die Hauptaufgaben bildeten. Daneben seien aber auch schon Hochspannungskabel besonderer Isolation für 100 kV zur Speisung wichtiger Stadtgebiete zur Verlegung gekommen. Ihre Anwendung für weite Strecken sei indes noch schwierig und kostspielig wegen der hohen Ladeströme und Verlegungskosten. Bei der Frage der Schaltung großer Leistungen wies der Vortragende auf die großen Er-

[1] Vgl. ETZ 1930, S. 107.
[2] Vgl. ETZ 1931, S. 807.
[3] Vgl. z. B. ETZ 1919, S. 1, und 1930, S. 114.
[4] Vgl. z. B. ETZ 1931, S. 689.

folge der öllosen Schalter hin. Er behandelte dann weiter die Frage der Kurzschlüsse, Erdschlüsse und Überspannungserscheinungen, insbesondere der atmosphärischen Störungen. Bei den Blitzschutzvorrichtungen habe man nach Erkenntnis der Unzulänglichkeit bisheriger Typen während der letzten Jahre neue Wege beschritten.

Die Leistungseinheiten der Maschinen und Transformatoren seien beträchtlich gesteigert worden. Sie stellten höchste Anforderungen an Kühlung und Werkstoffestigkeit.

Weitere Probleme, die mit der Ausdehnung der Netze entstehen, beständen in der Regelung der Spannung und Frequenz, in dem stabilen Zusammenarbeiten entfernter Kraftwerke und in der Fernmessung, welch letztere für die Lastverteilung von zentraler Stelle aus von größter Bedeutung sei.

Der inhaltreiche, mit großem Beifall aufgenommene Vortrag, der hier nur andeutungsweise wiedergegeben werden konnte, wird in der ETZ im Wortlaut veröffentlicht werden.

An ihn schloß sich der hier bereits zum Abdruck gekommene[5] Vortrag des Herrn Prof. Dr. Haas, Rheinfelden, der „Die Auswirkung der Lauffener Kraftübertragung auf die Elektrizitätswirtschaft" behandelte. Auch dieser Vortrag fesselte das Interesse der Zuhörer.

In der an die beiden Vorträge sich anschließenden Aussprache wies u. a. Herr Prof. Dr. Rüdenberg auf die vorteilhafte Verwendung von Hochspannungskondensatoren in Wechselstromanlagen hin. Man dürfe mit der Propagierung des Gleichstroms nicht ins Extrem verfallen: der Wechselstrom sei keineswegs schon als abgetan anzusehen. Herr Direktor Tröger machte noch auf die Steuerung durch Elektronenröhren aufmerksam.

Der Nachmittag dieses Tages war wiederum den Fachberichten und technischen Besichtigungen gewidmet. Erstere fanden an beiden Tagen viel Beachtung und erwiesen sich wieder einmal als ein unentbehrlicher Bestandteil der Jahresversammlungen des VDE.

Während der Sitzungen des Dienstags unternahmen die Damen eine Wagenfahrt durch den Taunus, die nach Hohemark, Feldberg, Königsstein und Soden führte.

Am Abend fand ein gemeinsamer Ausflug aller Teilnehmer mit ihren Damen nach Bad Homburg v. d. H. statt, der bis zur Heimfahrt von schönstem Wetter begünstigt war. Die Terrassen des stattlichen Kurhauses, auf denen man an Einzeltischen sich niederließ, standen in vollem Blumenschmuck, und der weite, wohlgepflegte Kurpark bot Gelegenheit zu erfrischenden Spaziergängen. Mit Anbruch der Dunkelheit wurde im Parterre des Parkes vor den Terrassen ein imposantes Feuerwerk abgebrannt, das an den mächtigen Baumgruppen des Parkes einen wirkungsvollen Hintergrund fand.

Am Mittwoch, den 24. Juni, wurde von den Teilnehmern in Verbindung mit ihrer Rückreise auf einem Sonderdampfer eine Rheinfahrt durch den Rheingau bis nach St. Goarshausen unternommen. Man bestieg hierbei den Loreleyfelsen und den Niederwald. Auch während dieses Ausflugs herrschte Sonnenschein, in dem die Ufer und Berge des deutschen Stromes in ihrer einzigartigen Schönheit prangten.

Zehme.

[5] ETZ 1931, S. 788.

Der Wettbewerb zwischen Rost- und Staubfeuerung[1].

Der scharfe Wettbewerb zwischen den verschiedenen Feuerungsarten für Dampfkessel hat in den letzten Jahren zu einer solchen Vervollkommnung aller Systeme geführt, daß es nicht mehr möglich ist, allgemein von einer Überlegenheit dieser oder jener Feuerung gegenüber anderen zu sprechen. Der Anstoß zu dieser schnellen Entwicklung ging von der Kohlenstaubfeuerung aus. Hohe Vorwärmung der Verbrennungsluft, Teilung derselben in Erst- und Zweitluft, Auskleidung der Brennkammer mit Siederohren sind die Hauptmerkmale, die durch die Kohlenstaubfeuerungen eingeführt wurden und ihre Überlegenheit gegenüber den Rostfeuerungen noch vor wenigen Jahren kennzeichneten. Inzwischen haben sich jedoch die Erbauer von Stokern und Wanderrosten diese Vorteile ebenfalls zunutze gemacht, und ein Unterschied in der Wirtschaftlichkeit und den Betriebskosten ist heute bei neuzeitlichen Anlagen nicht mehr festzustellen. Auf diese Tatsache wies F. W. Armour bereits 1928 auf der II. Brennstofftagung in Pittsburgh hin, wobei er den amerikanischen Verhältnissen entsprechend besonders die Stoker- und Staubfeuerungen berücksichtigte. Er führte aus, daß neuzeitliche Stokerfeuerungen mit vollständiger Auskleidung der Brennkammer mit Siederohren arbeiten; eine solche Anlage, die einen 2100 m²-Teilkammerkessel bedient, arbeitet mit vorgewärmter Luft von 230 °C und erzeugt eine Leistung von 75 kg/m²h Normaldampf.

Es ist klar, daß solche Anlagen durch die Verwendung großer Luftvorwärmer die Abgasetemperatur ebenso heruntersetzen können, wie wir es von neuzeitlichen Kohlenstaubanlagen kennen. Armour belegt ferner mit Zahlen, daß die Anlagekosten bei gleichen Bedingungen praktisch dieselben sind und die Betriebskosten ebenfalls. Auch die Wirkungsgrade stimmen überein. Man kann für deutsche Verhältnisse hinzufügen, daß der neuzeitliche Wanderrost, der mit Zonenregelung und vorgewärmter Luft bis zu 250 ° arbeitet, dem Vergleich mit dem Stoker und der Staubfeuerung vollständig gewachsen ist.

In Anbetracht dieser Lage wird es für den Erbauer einer neuen Dampfanlage immer schwieriger, zu entscheiden, welche Feuerungsart für die gegebenen Verhältnisse am besten geeignet ist. Bei allen Systemen kann er sich die Vorteile der Luftvorwärmung, der Zonenregelung, der wassergekühlten Brennkammerwände zunutze machen. Trotzdem bestehen aber noch Unterschiede, die es ermöglichen, von Fall zu Fall die günstigste Feuerungsart zu bestimmen. Brennstoffe mit großem Aschegehalt sind für die Kohlenstaubfeuerung ungünstig, weil die Mahlarbeit für die Asche aufgewendet werden muß und leicht Rauchbelästigung der Umgebung auftritt. Geringer Aschegehalt ist für die Rostfeuerung von Nachteil, weil das Rostbett am Ende zu wenig bedeckt bleibt und einem starken Verschleiß durch Wärmestrahlung ausgesetzt ist. Auch feinkörnige Brennstoffe machen auf dem Rost Schwierigkeiten, weil erhebliche Verluste durch Flugkoks entstehen können, während gerade die Staubfeuerung hierfür besonders günstig erscheint. Dabei ist wieder zu bedenken, daß harte Kohlensorten einen schnellen Verschleiß der Mühleneinbauten verursachen. Bei Schlägermühlen geht dadurch die Mahlfeinheit schnell zurück, und der Ausbrand und die Wirtschaftlichkeit der Feuerung werden in kurzen Zeitabschnitten schlechter. Man muß dann die Schläger sehr oft auswechseln. Kugelmühlen sind in dieser Beziehung bequemer, weil die Mahlfeinheit nicht abnimmt. Die Frage, ob magere Brennstoffe in der Staubfeuerung oder auf dem Rost besser ausbrennen, ist heute noch nicht entschieden. Ebenso ist die Anpassungsfähigkeit an stark schwankende Belastung bei Staubfeuerungen wie bei Unterwindrosten so vollkommen, daß es kaum möglich ist, Unterschiede festzustellen. Die Größe der Anlage ist vielfach für die Wahl der Feuerungen entscheidend. Der Wanderrost scheidet bei Großkesseln aus, weil es zu schwierig ist, das große gleichmäßig belegte Brennstoffbett zu beherrschen. Der Kampf zwischen Stoker- und Staubfeuerung ist aber bei Großanlagen noch keineswegs entschieden. Bei mittleren und kleinen Anlagen ist der Wanderrost wegen der Einfachheit und Übersichtlichkeit des Betriebes vielfach überlegen, besonders wenn mit wenig geschultem Bedienungspersonal gerechnet werden muß.

Diese kurzen Hinweise mögen genügen, um zu zeigen, daß bei dem heutigen Entwicklungstand des Feuerungsbaues die Wahl der passenden Feuerung eine recht schwierige Aufgabe sein kann, zu deren Entscheidung eingehende Fachkenntnisse erforderlich sind. *B.*

[1] O. Knabner, Arch. Wärmewirtsch. Bd. 11, S. 201.

Die beiden deutschen Lichttonverfahren „TOBIS“[1] und „KLANGFILM“.

Von Ing.-ℨ **Josef Mayer**, Berlin.

Übersicht. Da die Lichttontechnik in vielerlei Beziehungen zur Elektrizität und Elektrotechnik steht, sind wir überzeugt, daß die folgenden Ausführungen bei den Lesern großes Interesse finden werden. Verfasser ist dem Wunsche der Schriftleitung der ETZ gerne gefolgt, hier eine kurz gefaßte Beschreibung der beiden deutschen Tonbildsysteme zu bringen, wobei er sich bewußt ist, daß der Zweck dieses Aufsatzes nur der sein kann, aus der Fülle der vielen technischen Gebiete, die der Tonfilm umfaßt, das Wichtigste herauszugreifen und die zum Verständnis des Ganzen notwendigen Probleme, welche bei der Aufnahme und Wiedergabe auftreten, zu erwähnen. Jedes der beiden Verfahren wird in seinem Aufbau und seiner Wirkungsweise kurz beschrieben, zuerst das Gemeinsame beider dargestellt und schließlich auf die unterschiedlichen Merkmale der zwei Aufnahmeverfahren hingewiesen.

Allgemeines und Gemeinsames.

Der Vorgang bei der Aufnahme eines Tonbildfilmes beruht in der gemeinsamen Fixierung eines optischen Bildes und der hierbei auftretenden Schallereignisse, verbunden mit der Möglichkeit der Wiedergabe und Vervielfältigung dieser Ereignisse unter Wahrung eines zeitrichtigen (synchronen) Ablaufes von Bild und Ton. Die Herstellung des Bildfilmes soll hier nicht erörtert werden, sondern nur jene der Tonaufzeichnung. Als Träger der Tonaufzeichnung dient bei beiden Verfahren ebenfalls ein Film[2], der zum Zwecke des synchronen Ablaufens mit der gleichen Geschwindigkeit wie der Bildfilm bewegt wird. Die durch ein Mikrophon aufgefangenen Schallwellen werden zunächst einem Verstärker zugeführt, die nun verstärkte Energie beeinflußt ein Lichtsteuerorgan (Aufzeichnungslampe), dessen Helligkeitschwankungen durch einen dünnen Spalt auf einem abrollenden Film Schwärzungsunterschiede hervorrufen und dadurch die Schallvorgänge auf dem Film fixieren. Der belichtete Film wird unter Wahrung später aufzuzählender Bedingungen entwickelt und zum Zwecke der Wiedergabe das erhaltene Tonnegativ zusammen mit dem Bildnegativ auf ein gemeinsames Positiv kopiert. Tonstreifen und Bildreihe liegen beim Positiv nebeneinander, u. zw. so, daß die Tonaufzeichnung als ein 0,25 cm breiter Streifen innerhalb der Lochung des normalen Filmes liegt (Abb. 1). Ton und zugehöriges Bild sind um 38,5 cm gegeneinander versetzt. Diese Versetzung ist international festgelegt und ergibt sich aus der Konstruktion der Bildprojektoren.

Abb. 1. Schema eines Tonbildstreifens nach dem Intensitätsverfahren.

Abb. 2. Optische Anordnung der Spaltabbildung.

Bei der Wiedergabe wird der abrollende Tonstreifen durch einen engen Spalt mit konstanter Lichtquelle durchleuchtet. Die Intensität des durchfallenden Lichtes ändert sich beim Abrollen des Filmes im Rhythmus der auf dem Film aufgezeichneten Schwärzungen und somit im Rhythmus der bei der Aufnahme vorhandenen Schallwellen. Der durch den Film hindurchtretende Lichtstrom trifft nun eine photoelektrische Zelle, die ihrerseits die Umwandlung der Helligkeitschwankungen in elektrische Schwingungen vornimmt. Die letzteren werden einem Verstärker und schließlich dem Lautsprecher vermittelt. Die Bedingungen für die naturgetreue Wiedergabe des aufgenommenen Schallvorganges sind

1. daß das ganze hörbare Frequenzspektrum (rd. 30 ... 10 000 Hz) gleichmäßig ausgestrahlt und
2. die Amplitude der einzelnen Frequenzen des Tongemisches proportional ihrem Verhältnis bei der Aufnahme wiedergegeben wird.

Ist die erste Bedingung nicht erfüllt, so spricht man von linearen Verzerrungen, d. h. bestimmte Frequenzlagen werden bevorzugt, während man bei Nichterfüllung der zweiten Bedingung von nichtlinearen Verzerrungen spricht, wodurch die Amplituden der Schwingungen beim Umwandlungsprozeß eine Formänderung erfahren, die zu Ober- und Kombinationstönen Anlaß gibt; es tritt eine Fälschung des Tongemisches ein. Eine klangreine und naturgetreue Wiedergabe einer Tonfilmaufnahme hängt nun hauptsächlich davon ab, in welchem Maße die angeführten Verzerrungen vermieden werden können.

Die im ganzen Umwandlungsprozeß vorkommenden Quellen von Verzerrungsmöglichkeiten können eingeteilt werden in solche, die vom Mikrophon, Verstärker und Lautsprecher herrühren, und solche, die im Lichtsteuerorgan, dem Aufzeichnungspalt, dem Aufzeichnungsträger und dem Wiedergabespalt sowie den Organen, die die Filmführung und Fortbewegung betätigen, ihren Ursprung haben. Im Rahmen dieses Aufsatzes sollen nur die Organe der zweiten Reihe untersucht werden.

Das Lichtsteuerorgan.

Das Licht der Aufzeichnungslampe *1* beleuchtet einen schmalen Spalt *3* von rd. 4 cm Breite und 0,016 cm Höhe, der im Verhältnis 1 : 16 optisch verkleinert auf dem abrollenden Film *6* bei *7* abgebildet wird (Abb. 2). Die Spaltabbildung *7* am Film ist bei obiger Verkleinerung 0,25 cm breit und 0,001 cm hoch und steht mit ihrer Breite senkrecht zur Laufrichtung des abrollenden Filmes. Treten in der Aufzeichnungslampe Lichtänderungen auf, so ruft der Lichtspalt am Film Schwärzungsänderungen hervor, die sich als eine Reihe von parallelen, mehr oder weniger breiten und mehr oder weniger geschwärzten Linien darstellen (s. a. Abb. 1). Unter Zugrundelegung einer gegebenen Filmgeschwindigkeit wird die Tonhöhe durch den Abstand der parallelen Linien gegeben sein, während der Grad der aufgezeichneten Schwärzung die Lautstärke bestimmt. Das Kennzeichen eines derartigen Lichttonverfahrens ist, daß die Intensität der Filmschwärzung veränderlich ist, weshalb man dieses Verfahren als „Intensitätsverfahren“ bezeichnet. Da die Ablaufgeschwindigkeit des Filmes mit 45 cm/s international als günstigste festgelegt und die Spaltabbildung 0,001 cm hoch ist, errechnet sich die Belichtungszeit der Aufnahme mit $^1/_{45\,000}$ s. Da außerdem vom Lichtsteuerorgan nur durch einen Spalt von 0,016 cm hindurch geleuchtet werden kann, muß die Aufzeichnungslampe eine hohe Lichtintensität haben, damit der Lichtbedarf zur hinreichenden Schwärzung des Filmes gedeckt werden kann. Eine weitere Forderung ist, daß die vom Verstärker abgegebenen elektrischen Schwingungen frequenz- und amplitudengetreu in Lichtschwankungen verwandelt werden. Selbstverständlich muß von der Aufzeichnungslampe noch ein genügend großer Helligkeitsumfang verlangt werden, d. h. eine für den Film noch brauchbare Größe des geradlinigen Verlaufes der Helligkeitszunahme.

Der Aufzeichnungspalt.

Die Bedingung für die verzerrungsfreie Tonaufzeichnung durch den Aufzeichnungspalt ist gewahrt, wenn die Höhe desselben einen Bruchteil der Aufzeichnungslänge einer Periode der höchsten aufzunehmenden Frequenz beträgt. Bei Nichterfüllung dieser Bedingung tritt ein Amplitudenverlust ein, der zu linearen Verzerrungen führt. Einige Beispiele sollen diesen Verlust bei 10 000 Hz und der Filmgeschwindigkeit von 45 cm/s zeigen:

Spalthöhe cm	Amplitudenverlust %
∞ klein	0
0,001	10
0,00225	24
0,0045	100

[1] Das „Ton-Bild-Syndikat“ sollte ursprünglich alle deutschen Tonfilmsysteme vereinigen, beschränkte sich aber dann später auf das Triergonverfahren (s. ETZ 1929, S. 1728).

[2] Im Gegensatz hierzu benutzen die sog. Nadeltonverfahren die Schallplatte als Tonträger, wie dies bei der Grammophonaufnahme geschieht; der Film trägt dann nur die bildlichen Ereignisse. Platte und Film erhalten Markierungszeichen, um bei der Wiedergabe den zeitrichtigen Ablauf von Ton und Bild zu sichern.

Für tiefere Frequenzen sind die Verluste entsprechend geringer. In unserem Beispiel wäre bei der Filmgeschwindigkeit von 45 cm/s und einer Höchstfrequenz von 10 000 Hz die Aufzeichnungslänge dieser Periode 0,0045 cm, was bei dem angeführten Spalt von 0,001 cm zu keinen merkbaren Verzerrungen führt[3]. Würde die Spalthöhe gleich der Aufzeichnungslänge sein, so wird, wie aus obiger Tafel ersichtlich, diese Periodenzahl überhaupt nicht aufgezeichnet, denn der Integralwert der jeweiligen Belichtung wäre dann konstant. Für die Wiedergabe gelten natürlich die gleichen Bedingungen der Spalthöhe.

Der regelmäßige Filmlauf.

Eine der wichtigsten Bedingungen für die verzerrungsfreie Aufzeichnung und Wiedergabe von Tonfilmen ist das gleichmäßige Ablaufen des Filmes an der Aufzeichnungsstelle bzw. Abtaststelle des Tonstreifens. Tritt eine Unregelmäßigkeit des Filmlaufes von einer bestimmten Frequenz ein, dann überlagert sich diese Störfrequenz den ursprünglich aufzunehmenden Frequenzen, wodurch ganz komplizierte Vorgänge auftreten können, so z. B. kann die ursprüngliche Frequenz periodisch oder auch unregelmäßig geschwächt und verstärkt werden, ja sogar ganz verschwinden. Der unregelmäßige Lauf wird sich als ein mehr oder weniger intensives Tremolieren der Töne sowie durch Heiserkeit der hohen Töne bemerkbar machen. Ist die aufzunehmende Frequenz f, die Störfrequenz s, so treten neben der ersteren noch die Frequenzen $(f+s)$, $(f+2s)$, $(f+3s)$ usw., ferner $(f-s)$, $(f-2s)$, $(f-3s)$ usw. mit den ihnen zukommenden Amplituden hinzu. Daraus ist ersichtlich, welche komplizierten Störungen ein ungleichmäßiges Abrollen des Filmes verursachen kann[4]. Bei den beschriebenen Verfahren wird der absolute Gleichlauf des Filmes dadurch garantiert, daß die Achse der Transportrolle, die das Abrollen des Filmes an der Tonstelle vornimmt, mit einer Schwungmasse versehen und mittels einer federnden Kupplung mit dem Antriebsmechanismus des Aufnahmeapparates gekuppelt ist. Durch die Feder werden die mechanischen Störungen des Aufnahmeapparates von der Transportrolle ferngehalten, während das Schwungrad den gleichmäßigen Lauf der Transportrolle und damit des Filmes garantiert. In der Abb. 3 ist schematisch der Antriebsmechanismus gezeigt. Zwischen den Rollen *7* und *4* bzw. *4* und *8* läuft der Film nicht gespannt, sondern in je einer Schleife, damit Erschütterungen des Antriebsmechanismus, die sich auf den Film fortpflanzen, nicht auf die Transportrolle *4* gelangen und dort einen unruhigen Ablauf des Filmes hervorrufen könnten. In der Abbildung ist die Schleife durch Schraffieren des Filmes angedeutet. Auch bei der Wiedergabe ist die Kombination „Schwungrad—federnde Kupplung" zum ruhigen Ablauf des Filmes vorgesehen.

1 Antriebsmotor
2 federnde Kupplung
3 Schwungrad
4 Transportrolle
5 Aufzeichnungsstelle
6 Abwickeltrommel
7 Vortransportrolle
8 Nachtransportrolle
9 Aufwickeltrommel
10 Film

Abb. 3. Antriebsmechanismus mit Schwungrad und federnder Kupplung (schematisch).

Der Film als Tonträger.

Als letztes Organ, das bezüglich Verzerrungsfreiheit zu untersuchen ist, bleibt der als Tonträger benutzte Film. Die Eigenschaften der photographischen Filmemulsion lassen sich durch die Gradationskurve darstellen, die erhalten wird, wenn als Abszisse die Belichtung L im logarithmischen Maß und als Ordinate die Schwärzung S aufgetragen wird. Formelmäßig läßt sich die Gradationskurve durch die Beziehung

$$S = k\,L^{\gamma}$$

darstellen, worin k eine Konstante der photographischen Emulsion ist, die in den weiteren Ausführungen gleich 1 gesetzt wird. γ stellt ein Maß für die Steilheit der photographischen Emulsion dar. Der Exponent γ ist abhängig von der Emulsion, der Zusammensetzung und Temperatur des Entwicklers sowie der Entwicklungszeit. Die Gradation wird um so steiler verlaufen, je länger der Film entwickelt wird. Die Gradationskurve eines Filmes zeigt im Bereich kleiner Belichtungen ein allmählich gekrümmtes Ansteigen (Unterexposition), um dann über einen längeren geradlinigen Bereich (Normalexposition) wieder in einen gekrümmten Teil (Überexposition) überzugehen. Von der Gradation darf nur der geradlinige Teil für die Schwärzungsänderung verwendet werden, da sonst Verzerrungen auftreten. Betrachtet man zuerst das Negativ, so wird die Belichtung L_1 auf dem Negativ eine Schwärzung S_n hervorrufen, die gegeben ist durch

$$S_n = L_1^{\gamma_n}$$

wobei γ_n die Steilheit der Negativgradation ist. Wird dieser Negativfilm kopiert, so ist das durch die jeweilige Schwärzung des Negativs auf den Positivfilm fallende Licht

$$L_2 = 1/S_n = 1/L_1^{\gamma_n}\,.$$

Die Lichtmenge L_2 bewirkt auf dem Positivfilm eine Schwärzung

$$S_p = L_2^{\gamma_p}\,,$$

worin γ_p die Steilheit der Positivgradation bedeutet. Wird L_2 durch L_1 ersetzt, dann wird

$$S_p = \frac{1}{L_1^{\gamma_n \gamma_p}}\,.$$

Die Lichtmenge, die bei der Wiedergabe durch den Positivfilm auf die photoelektrische Zelle fällt, ist gegeben durch

$$L_3 = 1/S_p = L_1^{\gamma_p \gamma_n}\,.$$

Wenn durch den Tonträger (Film) keine Verzerrungen auftreten sollen, dann muß zwischen den Lichtströmen L_1, die bei der Aufnahme das Negativ beeinflussen, und jenen von L_3, die bei der Wiedergabe durch das Positiv hindurch die photoelektrische Zelle treffen, Proportionalität bestehen. Wird diese Bedingung auf obige Gleichung angewandt, so muß das Produkt

$$\gamma_n \gamma_p = 1$$

sein, d. h. der Entwicklungs- und Kopierprozeß muß so vor sich gehen, daß die Steilheit der Negativgradation multipliziert mit der Steilheit der Positivgradation das Produkt 1 ergibt. Eine weitere Verzerrung der Wiedergabe wird eintreten, wenn gekrümmte Teile der Gradationskurve den Kopierprozeß beeinflussen. Um dies zu verhindern, wird man die Ruheschwärzung des Tonstreifens so wählen, daß die Schwärzungschwankungen nur im geradlinigen Teil der Gradationskurven verlaufen. Man sieht aus dem Gesagten, daß die Herstellung einer verzerrungsfreien Tonkopie an ganz bestimmte Voraussetzungen bezüglich Filmmaterial, Entwicklungsdauer, Kopierlicht und Ruheschwärzung gebunden ist[5].

Da für das Bild eines Tonfilmes aus physiologischen Gründen das Produkt $\gamma_p\,\gamma_n$ größer als 1 genommen wird (1,4 ... 1,7), nimmt man bei den beiden angeführten Tonfilmverfahren Bild und Ton getrennt auf und entwickelt getrennt. Von Bild- und Tonnegativ wird dann eine gemeinsame Kopie hergestellt. Dadurch ist es möglich, sowohl dem Bild als auch dem Ton die ihnen zugeordnete Gradationsteilheit zu geben.

Die beiden Tonfilmverfahren „Tobis" und „Klangfilm" unterscheiden sich hauptsächlich in der Art des Aufnahmeverfahrens. Während die Tobis als Lichtsteuerorgan eine Lichtquelle benutzt, deren Helligkeit selbst sich unter dem Einflusse der elektrischen Schwingungen ändert, benutzt das Klangfilmverfahren eine konstante Lichtquelle, deren Licht durch eine elektrooptische Blende gesteuert wird. Im ersten Fall steuern die verstärkten Schall-

[3] H. Joachim, Z. techn. Phys. Bd. 11, S. 168 (1930).
[4] Lichte u. Hehlgaus, Filmtechnik Bd. 12, S. 527 (1930).
[5] R. Schmidt, Filmtechnik Bd. 5, S. 194 (1929).

schwingungen die Lichtquelle, während im zweiten Falle die elektrooptische Blende gesteuert wird.

Das Tobis-Aufnahmeverfahren[6].

Als Lichtsteuerorgan wird eine Glimmentladungslampe („Ultrafrequenzlampe") besonderer Konstruktion verwendet, die fast nur kathodisches Glimmlicht ausstrahlt. Da das Glimmlicht masselos ist, arbeitet die Lampe in weiten Grenzen frequenzunabhängig; auch bezüglich der Lichtintensität und Verzerrungsfreiheit genügt die Lampe dem oben über das Lichtsteuerorgan Gesagten. In Abb. 4 ist die Glimmentladungslampe schematisch dargestellt. Sie besteht aus einem kugelförmigen Glasgefäß, das mit Stickstoff oder Argon unter einem Druck von 25 mm Hg gefüllt ist; diese beiden Gase sind besonders gut für photographische Zwecke geeignet. In den Glaskolben sind 2 Elektroden eingeschmolzen. Die Kathode *K* besteht aus einem besonders geformten Kupferstab, der außerhalb des Glaskolbens mit Kühlrippen versehen ist. Das in das Innere der Glaskugel hineinragende Stück des Kupferstabes endigt in ein Eisenstäbchen, an dem vorn ein Wolframstäbchen von etwa 3 mm Dmr. angeschweißt ist. Die vordere Frontfläche des Wolframstäbchens ist konisch ausgebohrt und sorgfältig abgeschliffen. Der Kupferstab samt dem Ansatz von Eisen und Wolfram ist zwecks Isolation und als Schutz gegen übermäßige Erwärmung von einem Magnesiazylinder *M* umgeben, der vorn ebenfalls konisch ausgehöhlt ist. Der Magnesiazylinder sitzt bis auf den vorderen Rand in einem Glasrohr, das an die Glaskugel angeschmolzen wird. Die Anode *A* besteht aus einer dünnen Platinspitze von 0,2 mm Dmr., die mittels eines Glasröhrchens an den Glaskolben angeschmolzen wird. Die spitzenförmige Anode ist möglichst nahe an die Kathode gebracht, um einerseits das Gefälle in der Positivsäule niedrig zu halten, anderseits den Einfluß elektrostatischer Wandladungen nach Möglichkeit zu unterdrücken. Wird an die Lampe eine Spannung gelegt, so tritt durch Stoßionisation eine leuchtende Glimmentladung auf, und zwar hauptsächlich in der konischen Ausbohrung der Kathode (kathodisches Glimmlicht). Das nur ganz schwach auftretende Glimmlicht an der Anode kann als einflußlos vernachlässigt werden. Unter gewissen Bedingungen der Gasfüllung, des Gasdruckes und der Konstruktion der Elektroden ist das emittierte Licht proportional dem durch die Lampe fließenden Strom. Die Stromzunahme erfolgt dabei in gewissen Grenzen proportional der Spannungszunahme, d. h. das Glimmrohr arbeitet als positiver Widerstand.

Abb. 4. Die Ultrafrequenzlampe des Tobis-Verfahrens.

Die Glimmentladungslampe wird von einem Verstärker gespeist, und zwar derart, daß sie in den Anodenstromkreis des Endverstärkerrohres geschaltet wird. Unter dem Einfluß der Anodenspannung des Endrohres fließt durch die Glimmlampe ein Strom von rd. 20 mA. Die maximale zulässige Schwankung um diesen Ruhestrom beträgt etwa 15 mA. Es gelingt, mit diesen Stromänderungen Lichtänderungen im Verhältnis 1 : 10 hervorzurufen, die eine ausreichende Lichtintensität für die Aufzeichnung auf dem Film sicherstellen.

Die optische Anordnung für den Aufzeichnungsvorgang war in Abb. 2 dargestellt. Es bedeutet *1* die Ultrafrequenzlampe, *2* ein lichtstarkes Kondensorsystem, das die Aufgabe hat, den Spalt *3* möglichst gleichmäßig und vollständig auszuleuchten. Weiter muß der Kondensor so bemessen sein, daß die Lichtquelle (Glimmentladung) in der Vorderlinse des Objektivs *4* abgebildet wird und diese voll mit Licht ausfüllt. Der Lichtspalt *3* wird durch das Objektiv *4* optisch verkleinert als eine dünne Linie *7* von etwa 0,25 cm Breite und 0,001 cm Höhe auf den Film *6* abgebildet. *5* ist die Transporttrommel, die den Filmablauf besorgt. Das ganze optische System ist sorgfältig nach der optischen Achse ausgerichtet und in einem Metalltubus betriebsicher eingebaut. Ein sehr genau einstellbares Triebwerk besorgt die Scharfeinstellung des Spaltes *7*, indem das Objektiv *4* in der Richtung der Lichtachse bewegt werden kann und nach Scharfstellung fixiert wird.

Wird das Licht der Ultrafrequenzlampe über den Verstärker im Rhythmus der Schallschwingungen beeinflußt, so ändert auch der Aufzeichnungsspalt *7* seine Helligkeit, und der durch die Transporttrommel *5* vor dem Spalt ablaufende Film *6* wird im gleichen Rhythmus geschwärzt, worauf nach Entwicklung des Films die Vervielfältigung durch Kopieren vorgenommen werden kann.

Das Klangfilm-Aufnahmeverfahren[7].

Dieses Verfahren verwendet zur Lichtsteuerung den elektrooptischen Kerreffekt, der schon im Jahre 1875 von J. Kerr entdeckt, aber erst 50 Jahre später durch A. Karolus so durchgebildet wurde, daß er für die Zwecke des Fernsehens und des Tonfilms Verwendung finden konnte. Der Kerreffekt äußert sich in der Erscheinung, daß gewisse optisch isotrope Medien, z. B. Nitrobenzol und Metanitrotoluol, unter der Einwirkung elektrostatischer Felder doppeltbrechend werden und sich so wie ein optisch einachsiger Kristall verhalten, dessen Achse in der Richtung des elektrischen Feldes liegt. Trifft also geradlinig polarisiertes Licht auf ein solches Medium auf, so wird es beim Durchgang in elliptisch polarisiertes Licht verwandelt, wenn das Medium einem elektrostatischen Feld ausgesetzt ist, wobei die Umwandlung abhängig von der Größe des angelegten Feldes ist. Die Kerrzelle selbst besteht aus einem Glasgefäß, das mit Nitrobenzol gefüllt ist und in das zwei Platten aus Nickel hineinragen, die so ausgebaut sind, daß sie gleichzeitig den Beleuchtungspalt bilden. Die Platten müssen vollständig von der Flüssigkeit umgeben sein und dienen als Elektroden für das steuernde elektrische Feld.

Die Anordnung einer solchen Lichtsteuerung ist in Abb. 5 zu sehen. *1* ist eine konstante Lichtquelle, deren Licht durch eine Kondensorlinse *2* in der Eintrittslinse des Objektivs *6* abgebildet wird. Die Lichtstrahlen treffen nach Sammlung durch den Kondensor *2* auf ein Nicolsches Prisma *3* auf, das als Polarisator wirkt, also das geradlinig polarisierte Licht erzeugt. Nach dem Durchtritt durch die Kerrzelle *4*, die hier gleichzeitig als optischer Spalt dient, trifft der Lichtstrahl nochmals ein Nicolsches Prisma *5*, das als Analysator wirkt. Da die Polarisationsebene des Nicols *3* senkrecht zu jener von *5* steht, können keine Lichtstrahlen durch die Anordnung hindurchtreten. Werden die Kondensatorplatten der Kerrzelle einer Spannung ausgesetzt, so kann wieder Licht hindurchtreten, da die Kerrzelle das ursprünglich geradlinig polarisierte Licht nun in elliptisch polarisiertes verwandelt hat. Die austretenden Lichtmengen sind hierbei in weiten Grenzen linear proportional der an die Kondensatorplatten angelegten Spannung[8]. Der Spalt der Kerrzelle wird durch das Objektiv *6* als feine Linie *7* von 0,25 cm Breite und 0,002 cm Höhe auf den ablaufenden Film *8* abgebildet. Werden die verstärkten Mikrophonschwingungen der Kerrzelle zugeführt, so steuert diese als Lichtventil das konstante Licht der Lichtquelle *1* im Rhythmus der Mikrophonschwingungen und somit das Licht des Aufzeichnungsspaltes *7*.

Abb. 5. Klangfilm-Aufnahmeoptik.

Die Verwendung der Kerrzelle ermöglicht eine Lichtaussteuerung von rd. 1 : 10 mit genügender Helligkeit, da alle Lichtverluste in Nicols und Zellenflüssigkeit durch eine genügend starke Lichtquelle nachgeholt werden können. Die Kerrzelle erhält im Betriebe eine konstante Gleichspannung, der die verstärkten Wechselspannungen überlagert werden. Die Gleichspannung wird so eingestellt, daß das Ruhelicht in der Mitte des geradlinigen Teiles der Lichtkennlinie der Kerrzelle liegt. Der Frequenzbereich reicht weit über die Hörbarkeit, ist also ausreichend gewahrt, so daß lineare Verzerrungen vollständig vermieden werden können. Nichtlineare Verzerrungen sind leicht zu verhindern, wenn man darauf achtet, daß die Kerrzelle nicht übersteuert wird, was durch eine Spannungskontrolle am Verstärker beobachtet werden kann.

Die weiteren Vorgänge bei der Aufnahme und Wiedergabe erfolgen unter ähnlichen Voraussetzungen, wie dies beim Tobis-Verfahren und unter „Gemeinsames" bereits geschildert wurde.

Die beiden Firmen Tobis AG. und Klangfilm G. m. b. H., die zu einer Interessengemeinschaft zusammengeschlossen sind, haben eine Teilung der Arbeitsgebiete derart vorgenommen, daß der Klangfilm hauptsächlich der Bau und die Lieferung von Aufnahme- und Wiedergabe-

---

[6] Literatur hierüber nur spärlich; es kämen in Betracht: Jo Engl, Der tönende Film, Verlag Friedr. Vieweg & Sohn A.-G., Braunschweig; ferner H. Vogt, Der sprechende Film nach dem Triergonverfahren, Z. VDI Bd. 70, S. 199 (1926). Vgl. a. ETZ 1929, S. 1693 u. 1728.

[7] Klangfilm G. m. b. H., eine Tochtergesellschaft der Firmen Siemens & Halske AG. und AEG. — Vgl. Lüschen, ETZ 1929, S. 1730.

[8] Vgl. Hehlgans, Kinotechnik Bd. 12, S. 642 (1930).

apparaturen vorbehalten bleibt, während die Tobis das Gebiet der Tonfilmaufnahmen und der damit zusammenhängenden Lizenzgebühren überlassen wurde. Es scheinen jedoch in diesem Vertrage noch Ausnahmen vorgesehen zu sein, da die Tobis eine größere Anzahl von Theatern bis vor einem Jahre mit Wiedergabeapparaturen ausgerüstet hat und auch eigene Aufnahmeapparate für Tonfilmateliers baut; ebenso hat die Klangfilm gemeinschaftlich mit der Ufa das Filmproduktionsgebiet betreten. Im April 1931 waren in Europa rd. 1400 Kinos mit Tonfilmanlagen nach dem System Klangfilm und Tobis in Betrieb, davon annähernd 1000 in Deutschland.

Im Aufnahmegebiet verwertet die Tobis ihren Patentbesitz derart, daß bei der Herstellung eines Tonfilms die Produktionsfirma eine Gebühr für die Bereitstellung der Tonaufnahmeapparatur und des Bedienungspersonals zu entrichten hat. An weiteren Abgaben fließen der Tobis zu: eine Lizenzgebühr für den laufenden Meter Negativfilm, eine Kopierlizenz für den Meter Positivfilm und ein bestimmter Prozentsatz vom Verkaufspreis des Films.

Wirkungsweise, Bau und Verwendung von Elektrolytkondensatoren*.

Von **W. Hoesch**, Berlin.

Übersicht. Es wird die Wirkungsweise elektrolytischer Kondensatoren in ihren chemischen und elektrischen Zusammenhängen erläutert. Anschließend werden die praktischen Ausführungsformen für die einzelnen Verwendungszwecke besprochen. Zum Schluß findet sich ein Hinweis auf charakteristische Grundlagen der geeigneten Meßmethoden.

Die elektrolytischen Kondensatoren gehören zu den wenigen Apparaten der Elektrotechnik, deren Wirkung zwar schon seit langem bekannt ist, deren Verwendung aber bis in die jüngste Zeit hinein wegen ihrer Eigenarten immer wieder nach kurzer Einführung in verschiedene Gebiete der Elektrotechnik mehr oder minder eingestellt wurde. Erst durch die spontan aufstrebende Radioindustrie, die bei einem Teil der bei ihr verwendeten Kondensatoren gerade den typischen Eigenschaften der Elektrolytkondensatoren entgegenkam, war es möglich, dieses seit den letzten 20 Jahren wieder einmal fast vollständig brachliegende Gebiet zu neuer Fruchtbarkeit anzuregen. Ich glaube daher, daß es sich lohnt, wenn ich Ihnen über die Wirkungsweise mit den sich daraus ergebenden Eigenarten, ferner über die Technologie und die dazugehörigen Messungen sowie endlich über die aus diesem allen resultierenden Verwendungsmöglichkeiten, insbesondere in der Rundfunktechnik, kurz berichte.

Schon in den fünfziger Jahren des vorigen Jahrhunderts wurde die unter dem Namen „Ventilwirkung“ beobachtete Fähigkeit einiger Metalle beschrieben, einen Gleichstrom dann praktisch zu unterbrechen, wenn das Metall als positiver Pol geschaltet wird. Man nannte die Zellen, in denen eine solche Erscheinung beobachtet wurde, Ventilzellen und die Metalle, denen diese Wirkung zukam, Ventilmetalle.

Um die dabei auftretenden Verhältnisse möglichst einfach und klar auseinandersetzen zu können, sei gestattet, auf die bekannten Vorgänge bei der Elektrolyse kurz zurückzukommen. Füllt man in ein Gefäß aus chemisch inaktivem Material, wie Glas oder dgl., eine den elektrischen Strom leitende Flüssigkeit, wie z. B. eine verdünnte wässerige Lösung einer Säure, eines Alkalis oder eines Salzes, und leitet durch diese Zelle einen elektrischen Strom, indem man ihn beispielsweise zwischen zwei Platinelektroden durch die Flüssigkeit schickt, so beobachtet man, daß bei Anwendung von Gleichstrom nicht nur der Strom, wie man dies ja von Leitern erster Klasse (Kupferdraht) gewohnt ist, unter Überwindung eines gewissen Widerstandes diesen sog. Leiter zweiter Klasse durchfließt, sondern daß dabei auch gleichzeitig eine Zersetzung des Elektrolyten stattfindet und daß nach ganz bestimmten Gesetzmäßigkeiten der Elektrolyt in elektrochemische Komponenten zerlegt wird, aus denen er ursprünglich aufgebaut war, daß ferner bestimmte der so gebildeten Ionen zur Anode (Anionen), andere zur Kathode (Kationen) wandern.

Um nicht zu weit auszuholen, genüge der Hinweis, daß Wasserstoff und alle Metalle, da sie positiv geladen sind, mit dem Strom gehen, also von der Anode zur Kathode wandern, mithin Kationen sind, während die anderen Bestandteile des Elektrolyten, also im allgemeinen Säurereste bzw. Hydroxylgruppen, als Anionen auftreten. Es sei erinnert an den bekannten Hofmannschen Wasserzersetzungsapparat, bei dem aus angesäuertem Wasser an der Kathode Wasserstoff freigemacht wird, während an der Anode auf Grund eines schon mehr sekundären Prozesses Sauerstoff auftritt, wobei man gleichzeitig noch beobachten kann, daß doppelt soviel Wasserstoff wie Sauerstoff entwickelt wird. Verwende ich nun an Stelle einer verdünnten Säure eine schwach konzentrierte Lösung eines Salzes, dessen Kation ein Alkalimetall ist, so treten ähnliche Prozesse auf. Es wandert nämlich das Alkalimetall-Ion zur Kathode, entladet sich dort, zersetzt aber in bekannter Weise im Augenblick der Abscheidung das Wasser unter Bildung von Natriumhydroxyd und Wasserstoff. Somit wird also an der Kathode auch in diesem Falle Wasserstoff auftreten. Der Säurerest bzw. das Anion des Elektrolyten wandert zur Anode, kann sich dort aber nach der Entladung nicht frei abscheiden, sondern zersetzt seinerseits Wasser, indem es Wasserstoff aus dem Wasser an sich reißt und sich mit ihm zu einem Säuremolekül vereinigt. Der übrige Bestandteil des Wassers, nämlich der Sauerstoff, wird an der Anode frei, so daß es äußerlich bei der Elektrolyse eines Alkalisalzes scheint, als ob man nicht das Salz, sondern das reine Wasser elektrolysiert hätte. Lediglich durch die verschiedenen Reaktionen der Flüssigkeit im Anoden- und Kathodenraum wird man gewahr, daß sich primär andere Prozesse abgespielt haben, deren Folge saure Reaktion im Anoden-, alkalische im Kathodenraum ist.

Wenn also die Ventilwirkung an einem Metall dann eintritt, wenn es als Anode geschaltet wird, so geht daraus hervor, daß sie auf der Bildung einer Sauerstoffschicht beruhen wird. Normalerweise wird das Gas aber in Form von Bläschen an der Elektrode hochsteigen, so daß, wenn man dieser Gasschicht eine große dielektrische Wirkung zuschreibt, der Stromübertritt von der Anode in den Elektrolyten dennoch nicht unterbrochen wird. Man müßte sich vielmehr vorstellen, daß das Metall keine glatte Oberfläche besitzt, so daß sich zwischen den vorstehenden sehr kleinen Zacken die Sauerstoffbläschen festsetzen könnten. Trotzdem könnte von einer dielektrischen Wirkung noch keine Rede sein, da ja der Strom aus den metallischen Zacken übertreten könnte. Es müßte erst gelingen, die Zacken selbst aus dielektrischem Metall zu machen, bevor die Ventilwirkung einsetzen würde. Dabei kommt nun sehr zu Hilfe, daß die chemischen Umsetzungsprodukte des Sauerstoffs mit der Anode, nämlich die Oxyde, sofern jene aus geeignetem Metall besteht, selbst schlechte Leiter sind. Wird man also als Anodenmaterial solche Metalle anwenden, die sich leicht oxydieren lassen, so wird man die Bildung des Dielektrikums beobachten können (Abb. 1). Bei der Suche nach geeigneten Metallen liegt es auf der Hand, daß alle Alkalimetalle von vornherein ausscheiden, da sie selbst mit Wasser lebhaft reagieren. Ähnliches gilt auch von den Erdalkalien, wenn auch in schwächerem Maße. Erst das Magnesium bildet unter diesen Umständen ein einigermaßen beständiges Oxyd. Dagegen finden wir in der dritten Gruppe des periodischen Systems das Metall, das für die Praxis das bedeutendste Ventilmetall bildet, nämlich das Aluminium. Von der vierten Gruppe käme das Zinn in Frage, das aber nur geringe Bedeutung

Abb. 1. Schematische Darstellung der Bildung des Dielektrikums auf einem Ventilmetall.

* Vortrag, gehalten am 15. I. 1931 im Elektrotechnischen Verein (Fachgruppe für elektrisches Nachrichtenwesen). Besprechung auf S. 946 dieses Heftes.

hat, und in der fünften Gruppe finden wir das Metall, nämlich das Tantal, das die besten Ventileigenschaften besitzt, aber seines hohen Preises wegen nur für wissenschaftliche Untersuchungen in Frage kommt, um so mehr, als Aluminium bisher allen Erfordernissen der Praxis gerecht geworden ist. Während die Oxyde des Aluminiums und des Zinns weiß gefärbt sind, ist das Tantaloxyd dunkelblau gefärbt.

Als Elektrolyt werden solche Stoffe in Betracht kommen, die sämtliche charakteristische Eigenschaften eines normalen Elektrolyten aufweisen, ohne aber in irgendeiner Weise chemisch besonders aktive Ionen abzuspalten. Denn es ist naheliegend, daß Körper mit einer typisch sauren Reaktion im Anodenraum leicht das Oxyd lösen werden, während eine stark alkalische Reaktion des Elektrolyten Aluminatbildung bewirken wird. Man wird daher die Verbindungen von schwächeren Alkalien, wie z. B. Ammoniumhydroxyd, mit schwachen Säuren, wie Essig-, Oxal- oder Borsäure usw., mit Vorteil als Elektrolyt verwenden.

Als Kathode kann an und für sich jedes beliebige mit dem Elektrolyten nicht reagierende Metall dienen, z. B. Platin, Blei usw., nur wird man aus praktischen Erwägungen auch die Kathode aus Ventilmetall machen, besonders wenn der Kondensator ganz oder teilweise mit Wechselstrom belastet werden soll.

Die Entstehung der Ventilwirkung auf Anoden von leicht oxydierbaren Metallen, die übrigens schon im Jahre 1850 beobachtet worden ist, muß nicht als Ionenventilwirkung, sondern nach Güntherschulze[1] unter dem Gesichtswinkel der Elektronentheorie erklärt werden. Wenn man sich nämlich vorstellt, welch außerordentliches Spannungsgefälle dazu nötig ist, um aus einer normalen kalten Metallelektrode Elektronen frei zu machen, so ist es auch leicht möglich, sich klarzumachen, daß eine sehr hohe Spannung dazu gehören wird, Elektronen aus einer in einem kalten Elektrolyten befindlichen Elektrode frei zu machen, wenn zwischen dem Elektrolyten und der Elektrode sich eine Gasschicht befindet, durch die diese Elektronen hindurchfliegen müssen. Denkt man noch daran, daß das Gas im Elektrolyten nicht nur unter Atmosphärendruck steht, sondern sogar noch etwas durch den hydrostatischen Druck komprimiert ist, so läßt sich einsehen, daß diese Spannung noch höher sein muß als bei Gasen unter normalem oder verringertem Druck, da ja die freie Weglänge der Elektronen außerordentlich gering wird, mithin die Gasschicht eine sehr hohe dielektrische Festigkeit aufweisen kann. An den meisten Metallen der Erdreihe und an Schwermetallen ist die Ventilwirkung beobachtet worden, wobei man allerdings mit Rücksicht auf die jeweils eigentümliche Reaktionsfähigkeit des Metalles mit dem Elektrolyten entsprechende Substanzen für den letzteren anwenden mußte. Einige Beispiele sind in Abb. 2 aufgeführt, wobei wir die für technische Verwendung bei elektrolytischen Kondensatoren in Frage kommenden Metalle besonders hervorgehoben haben.

Es entsteht so ein Kondensator, dessen eine Belegung die Anode, dessen Dielektrikum der im Oxyd okkludierte Sauerstoff und dessen zweite Belegung der Elektrolyt ist, während die Kathode lediglich die Funktion einer Elektrode, d. h. eines Organs zur Stromzuführung zum Elektrolyten hat. Es ist daher nicht richtig, wie dies vielfach in der Literatur und auch in Patentschriften getan wird, von der Kathode als einer Belegung des Kondensators zu sprechen. Dies bezieht sich auch auf die später zu behandelnden Trockenelektrolyt-Kondensatoren.

Die Stärke der dielektrischen Schicht des Kondensators hängt von der angelegten Spannung ab, u. zw. wird die Oxydschicht um so dicker werden, je höher die angelegte Spannung wird. Da aber nur in der Oxydschicht die dielektrischen Gasblasen gehalten werden, so wird auch die Dicke der dielektrischen Gasschicht von der Spannung abhängig sein, mit anderen Worten: jeder elektrolytische Kondensator verändert seine Kapazität mit der angelegten Spannung, u. zw. innerhalb eines gewissen Intervalls umgekehrt proportional der letzteren, d. h. das Produkt der Kapazität und Spannung bleibt konstant. Wollen wir nun an einer noch unbehandelten Zelle die Erscheinungen studieren, die nach Anlegen der Spannung auftreten, so können wir entweder den Strom beobachten in seiner Abhängigkeit von der Einschaltung bei konstanter Spannung oder aber die Spannung in Abhängigkeit von der Einschaltdauer bei gegebenem Strom. Im ersten Falle wird man naturgemäß beobachten, daß mit fortschreitender Bildung des Dielektrikums der Strom immer kleiner wird (vgl. Abb. 3), bis er schließlich einen ganz bestimmten praktisch konstanten Restwert erreicht hat, den man als den sog. Reststrom bezeichnet. Man sieht in der Abb. 4 und 5 eine Reihe von Kurven, die mehr oder minder parallel verlaufen, aber deren Anfangspunkte untereinander ansetzen und die folgendermaßen zustandegekommen sind: Es wurde ein noch völlig unbehandelter Trockenelektrolyt-Kondensator an eine Batterie von 6 V gelegt, u. zw. so lange, bis der erste große Formierungsvorstoß — man nennt das Bilden des Dielektrikums „Formieren" — abgeklungen war; dann wurde die Zelle abgeschaltet und erst nach Ablauf von 24 h wieder der gleichen Behandlung unterworfen. Aus den Kurven geht hervor, daß in einem geeigneten Elektrolyten eine dielektrische Schicht bereits so haltbar ist, daß nach dieser verhältnismäßig geringen Vorbehandlung noch nach Ablauf eines Tages ein großer Teil erhalten ist, so daß der Formierungsstromstoß das zweite Mal erheblich geringere Werte annimmt usf.

Cu	Be	Al	Sn	Nb	W	Fe
	Mg		Pb	Sb	U	Co
	Zn			Ta		Ni
	Cd			Bi		

Abb. 2. Übersicht über die gebräuchlichsten Ventilmetalle.

Abb. 3. Zunahme des Isolationswiderstandes in Abhängigkeit von der Zeit.

Abb. 4. Abnahme des Reststromes beim Formierungsvorgang in Abhängigkeit von der Zeit bei wiederholter Unterbrechung der Formierung.

Dagegen empfiehlt es sich, wenn man das Verhalten des Kondensators über das ganze in Betracht kommende Spannungsintervall verfolgen will, die zweite Methode anzuwenden und den Verlauf der Spannung bei gegebenem Strom zu verfolgen. Durch die Bildung der dielektrischen Schicht wird bei konstanter Stromstärke eine immer steigende Spannung dazu gehören, um den konstanten Strom aufrecht zu erhalten, da eben bei einer bestimmten Spannung der Strom sofort sinken würde (vgl. Abb. 4 u. 5). Es müßte hiernach die Spannung beliebig erhöht werden können, ohne daß eine prinzipielle Veränderung der Zelle vor sich gehen würde, so daß man also ohne Schwierigkeiten elektrolytische Kondensatoren für sehr hohe Betriebspannungen bauen könnte. Führt man das Experiment durch, so zeigt sich bei einer etwa bei 450 ... 500 V liegenden Spannung, daß eine Funkenbildung auf der Anode auftritt: die dielektrische Schicht wird durchschlagen; man nennt diese Spannung die Funkenspannung. Man

Abb. 5. Kenntlichmachung des geringen Reststromes nach beendeter Formierung (unterste Kurve).

Abb. 6. Auftreten der Funken- und Maximalspannung bei Erhöhung der Formierungsspannung.

[1] ETZ 1922, S. 396.

kann nun die Spannung abermals erhöhen, worauf weitere stärkere Funkenbildung auftritt, und so fort, bis zu einer gewissen Grenze, die man als Maximalspannung bezeichnet. Von da ab steigt nämlich der Strom bei ganz langsam wachsender Spannung sehr schnell an, und von einer Entstehung einer dielektrischen Schicht, mithin der Bildung eines Kondensators, ist nicht mehr die Rede. Trägt man die zu einem bestimmten Strom gehörige Spannung während dieser Vorgänge als Kurve auf, so beobachtet man, daß nach Eintreten der Funkenspannung und insbesondere natürlich nach Anlegen der maximalen Spannung die Kurve Knicke in Richtung zur Waagerechten aufweist (Abb. 6), so daß es für denjenigen, der Elektrolytkondensatoren praktisch verwenden will, eine Bedingung ist, mit der Formierungsspannung unterhalb der Funkenbildung zu bleiben. Die Funkenbildung tritt dabei als hellleuchtendes Glimmen in Erscheinung. Hierbei ist zu beachten, daß durch die Erwärmung, die, abgesehen von den Funken, schon durch die hohen Restströme hervorgerufen wird, die beim Einschalten jeder neuen höheren Spannung auftreten, die Verhältnisse stark getrübt werden, so daß die hierbei auftretende Funken- bzw. Maximalspannung zu niedrige Werte annimmt. Man müßte die Spannung ganz, ganz langsam steigern und immer wieder für Kühlung des Elektrolyten sorgen.

Die ungefähre Dicke der Oxydschicht kann man durch die auftretenden Interferenzfarben annähernd abschätzen; sie liegt bei den Spannungen von 150 ... 200 V bei der Wellenlänge des gelben Lichtes, also etwa 600 $\mu\mu$. Mißt man nun die Oberfläche der Anode, so müßte man aus der Kapazität und der Dicke der dielektrischen Schicht die Dielektrizitätskonstante berechnen können, darf aber nicht vergessen, daß ja schließlich auch das Oxyd selbst ein mehr oder minder guter Isolator ist, so daß man immer nur eine Misch-Dielektrizitätskonstante von Gas oder Oxyd erhalten würde. Überlegt man nun weiterhin, daß die Bildung des Dielektrikums doch zweifellos kaum so glatt und einheitlich vor sich gehen wird, wie oben angedeutet, so ergibt sich, daß es besser ist, ε nicht als solches bestimmen zu wollen, sondern für einen bestimmten Wert der angelegten Spannung nur die relative Dicke der Schicht $\delta : \varepsilon$ zu bestimmen.

Während der Formierung bei einer gewissen Spannung wird nicht nur an der Kathode Wasserstoff entwickelt, sondern an der Anode auch Sauerstoff, da ja das Oxyd noch nicht in entsprechender Dicke aufgebaut ist, so daß ein Teil des erzeugten Sauerstoffes nicht gehalten, auch nicht zur Oxydbildung verbraucht wird, sondern in Gasform entweichen kann.

Will man einen praktisch verwendbaren Kondensator herstellen, so wird man nach dem Gesagten gut tun, eine höhere Formierungsspannung anzulegen, als der normalen Betriebspannung entspricht, d. h. bei Betrieb mit Wechselstrom der Scheitelspannung. Man hat so die Gewißheit, daß sofort nach Einschalten, abgesehen vom Einschaltstromstoß (vgl. die unterste Kurve in Abb. 4 und 5), sofort der äußerst geringe Reststrom auftritt, was technisch gefordert werden muß. Auch hieraus ergibt sich wiederum die Forderung nach einer möglichst geringen Reaktion des Elektrolyten, da sonst durch sie, sei sie sauer oder alkalisch, das Oxyd, das zur Spannungsdifferenz zwischen Formierungs- und Betriebspannung gehört, leicht abgebaut wird. Es ist aber bei Verwendung eines geeigneten Elektrolyten durchaus die Möglichkeit vorhanden, auf längere Zeit hinaus durch entsprechende Höherformierung für einen geringen Reststrom bei der Betriebspannung zu sorgen, ohne daß, was sonst leicht bei elektrolytischen Kondensatoren eintreten könnte, beim Anlegen der letzteren erst eine verhältnismäßig lange Zeit vergeht, bis der Reststrom auf den Minimalwert abgeklungen ist.

Mit Rücksicht auf ihre praktische Bedeutung will ich mich darauf beschränken, nur noch kurz folgende Ergebnisse systematischer Versuchsreihen zu erwähnen, die zuerst von Zimmermann[2], später von Güntherschulze[3] gemacht worden sind, und die durch eine Reihe weiterer Untersuchungen ergänzt werden konnten.

Erhöhte Temperatur hat im allgemeinen einen ungünstigen Einfluß auf die Kondensatorbildung, man beobachtet, daß in einem wärmeren Elektrolyten die Funkenspannung schneller erreicht wird, u. zw. beobachtungsgemäß bei 100 °C viermal so schnell, d. h. der Wert der Funkenspannung liegt nicht niedriger, wohl aber wird der Winkel in Abb. 6 zwischen der Spannungskurve und Abszisse größer. Dieses Verhalten ist ohne weiteres erklärlich aus der fortgeschrittenen Dissoziation nicht nur des Elektrolyten, sondern auch zum Teil der im gebildeten Dielektrikum enthaltenen Stoffe, ähnlich wie dies ja auch bei den Isolationströmen in praktisch reinen Kohlenwasserstoff-Dielektriken durch die stets vorhandenen ionisierbaren Bestandteile beobachtet werden kann. Man kann sagen, daß 45 °C die praktische Grenze darstellen, oberhalb deren Elektrolytkondensatoren nicht mehr unter allen Umständen sicher funktionieren, ein Wert, der immerhin in der Praxis ohne weiteres einzuhalten ist.

Die Geschwindigkeit der Formierung ist natürlich übereinstimmend mit der Menge des gebildeten Oxyds, und diese wieder, wie alle Produkte elektrolytischer Abscheidung, abhängig von der Elektrizitätsmenge. Übertragen auf den vorliegenden elektrolytischen Kondensator besagt dies, daß man durch Anwendung höherer Stromdichten eine erhöhte Formierungsgeschwindigkeit erzielen kann.

Die Höhe der Funkenspannung ist abhängig erstens von der Natur des Elektrolyten, d. h. von seiner chemischen Zusammensetzung und von seiner Konzentration, zweitens von der chemischen Natur des Ventilmetalles. In der Praxis kann man mit Spannungen um 450 V herum rechnen, wie das bei dem Versuch auch nachgewiesen wurde. Dagegen scheint die Maximalspannung fast ausschließlich, abgesehen von der chemischen Zusammensetzung des Elektrolyten, von dessen Konzentration abhängig zu sein. Sie liegt ungefähr, wenn man die eingangs angeführten Punkte für die Wahl des Elektrolyten beachtet, bei 550 ... 600 V. Verwendet man infolgedessen solche Elektrolyten, deren Anion Schwermetallatome enthält, wie Kaliumferrocyanid u. dgl., so ist erfahrungsgemäß der Wert für die Maximalspannung erheblich kleiner, was dadurch erklärt werden kann, daß das Anion in der Oxydschicht Stoffe okkludieren läßt, die schlechte Isolatoren sind. Man hat bei Verwendung derartiger Salze, zu denen auch Ammoniumchromat, Kaliumpermanganat usw. gehören, ein Sinken der Maximalspannung auf 130 V und darunter beobachtet. Dabei hat sich noch gezeigt, daß diese Erniedrigung nicht nur von der Art des Metalles im Anion, sondern auch noch von dessen Bindungsart abhängig ist. Zunehmende Verdünnung eines gegebenen normalen Elektrolyten erhöht die Maximalspannung bis zu Werten von beispielsweise 1900 V (Güntherschulze).

Die Kapazität des Kondensators, die ja von der Dicke der dielektrischen Schicht abhängig ist, hängt ausschließlich von dem Ventilmetall und der Formierungspannung ab, natürlich bei gegebener Anodenoberfläche. Sie ist unabhängig von der Geschwindigkeit der Formierung, von dem Elektrolyten und von der Temperatur. Auf die Unabhängigkeit der Kapazität von der Zusammensetzung des Elektrolyten möchte ich nochmals besonders hinweisen. Der Elektrolyt hat einen Einfluß auf den Reststrom bei gegebener Spannung, nicht aber auf die Kapazität, die lediglich von der Natur des Ventilmetalles abhängig ist, das ja meistens in der Technik aus Aluminium bestehen wird. Dies ist ja ohne weiteres erklärlich, denn die Kapazität des Kondensators hängt vom Dielektrikum ab, und das Dielektrikum wird aus dem Sauerstoff in der Oxydschicht gebildet und diese wieder wird aus dem elektrolytisch abgeschiedenen Sauerstoff und dem Ventilmetall aufgebaut. Dabei ist es gleichgültig, ob der Sauerstoff aus diesem oder jenem Elektrolyten abgeschieden wird.

Bei elektrolytischen Kondensatoren mit einem Elektrolyten aus Ammoniumborat und einer Aluminiumanode hat man Restströme von $1{,}5 \cdot 10^{-7}$ A/cm² gemessen, d. h. der Reststrom wird so außerordentlich gering, daß er offenbar nur noch dazu dient, die kleinen Partikelchen der dielektrischen Schicht, die gelöst werden, durch weitere Elektrolyse zu ergänzen.

Die nächsten Punkte meines Themas, Bau und Verwendung von Elektrolytkondensatoren, sind nun verhältnismäßig knapp zu behandeln, da nach dem bisher Gesagten alle Erfordernisse für die Praxis eigentlich klarliegen.

Man unterscheidet heutzutage grundsätzlich zwischen zwei verschiedenen Typen, nämlich den eigentlichen Elektrolytkondensatoren im Sinne von Flüssigkeit enthaltenden Zellen und sog. Trockenelektrolyt-Kondensatoren, bei denen der Elektrolyt in irgendeiner Masse, die am Prozeß selbst nicht teilnimmt, enthalten ist. Man kann die erste Type in ihrem Aufbau vielleicht am besten mit den Akkumulatoren, die zweite mit den Trockenelementen vergleichen. Im ersten Fall wird hauptsächlich stets von dem Kondensator verlangt, daß er auch bei hohen Spannungen betriebsicher arbeitet. Man hat früher mit mehr oder minder gutem Erfolg versucht, derartige Kondensatoren als Phasenschieber zu verwenden, wie Zimmermann dies schon 1903 beschrieb[4]. Bei derartigen Zellen müssen naturgemäß sowohl die Anode als auch die Kathode aus Ventilmetall bestehen, ferner müssen die Zellen bis zu sehr hoher Spannung formiert sein, etwa bis zu 500 V, was die Verwendung eines stark verdünnten Elektrolyten zur Voraussetzung hat, damit man bei einer

[2] E. J. Zimmermann, El. Rev., N. Y., Bd. 44, S. 657.
[3] A. Güntherschulze, El. u. Maschinenb. Bd. 27, S. 247 (1909).
[4] Zimmermann, L'Eclairage électr. Bd. 41, S. 388.

Verwendung z. B. bei 220 V Nennspannung mit der Formierung genügend hoch über dem Scheitelwert bleibt. Die durch die Verluste bedingte Wärme ruft eine Verdampfung des Elektrolyten hervor, so daß von Zeit zu Zeit Wasser nachgefüllt und die ganze Anlage gründlich überholt werden muß. Zudem ist die Montage ähnlich wie bei großen Akkumulatorenbatterien mit äußerster Sorgfalt vorzunehmen, weil der Elektrolyt kriechen kann und die Feuchtigkeit am Boden dann Fäulnis hervorruft. Denkt man im Vergleich dazu an einen der heute allgemein üblichen Phasenschieber-Kondensatoren, wie man sie nicht nur auf der Niederspannungseite der Netze sondern auch auf der Hochspannungseite zu Tausenden von Blind-kVA einbaut (Abb. 7), die sich durch ihr einfaches Äußere, durch ihren Mangel an Fundamenten und durch ihr völlig selbsttätiges Arbeiten auszeichnen, abgesehen auch von den nicht unbeträchtlich kleineren dielektrischen Verlusten, so erscheint ohne weiteres selbstverständlich, daß der Elektrolytkondensator für diese Zwecke z. Z. nicht in Frage kommt. Das gleiche gilt von den Anlaßkondensatoren, bei denen man ja heute z. T. soweit geht, daß man ihnen nicht einmal mehr einen eigenen Raum einräumt, sondern sie in Zubehörteilen der Motoren u. dgl. unterbringt. Diese Kondensatoren, die größtenteils auch gleichzeitig zur Verbesserung des Leistungsfaktors gebraucht werden und sich ausgezeichnet bewähren, sind natürlich in Form eines Wachs- oder Ölpapierkondensators ganz außerordentlich viel handlicher als beispielsweise ein Elektrolytkondensator mit flüssigem Elektrolyten, möglicherweise in einem Glasgefäß mit all den Nachteilen, die eine solche elektrolytische Zelle mit flüssigem Elektrolyten im Starkstromkreis nun einmal mit sich bringt. Damit darf natürlich nicht gesagt sein, daß nicht im weiteren

Abb. 7. Phasenschieber-Kondensator der Firma Jaroslaw mit permanentem Dielektrikum.

Abb. 8. Kleiner Trockenelektrolyt-Kondensator der Firma Jaroslaw.

Verlauf der technischen Entwicklung auch auf diesem Gebiete ein Umschwung eintreten kann. Von einigen wenigen Fällen abgesehen, tritt also die Verwendung derartiger Zellen praktisch weit zurück gegenüber den später zu behandelnden Trockenelektrolyt-Kondensatoren. Es sei nur noch auf eine konstruktive Schwierigkeit hingewiesen. Der kritische Punkt aller derartigen Zellen ist nämlich immer die Stelle, an der der Elektrolyt mit der Luft zusammenstößt, da dort leicht Korrosion eintritt. Man hilft sich auf verschiedene Weise, u. zw. hauptsächlich durch Aufgießen einer Ölschicht, Paraffinum liquidum o. dgl., die die Annehmlichkeit hat, daß der Gasdurchtritt bei der Formierung nicht verhindert wird. Der Strom versucht ja, die hindernde Gasschicht an der Austrittstelle der Elektrode aus dem Elektrolyten zu umgehen und verursacht durch seine Dichte dabei vielfach Erwärmung.

Sollen diese Kondensatoren als reine Wechselstromkondensatoren verwendet werden, so ist es üblich, bei der ursprünglichen Formierung noch eine Extrakathode provisorisch anzubringen, beide Ventilmetallelektroden als Anoden zu schalten und zu formieren, denn die dielektrische Schicht wird später durch einen Strom in umgekehrter Richtung ja verhältnismäßig langsam abgebaut, und wenn man bis zu einer entsprechend über der Scheitelspannung liegenden Spannung formiert hat, so kann man mit recht guten Eigenschaften des Kondensators rechnen. Naturgemäß sind die Verluste eines solchen Kondensators im Vergleich zu einem neuzeitlichen Wechselstromkondensator mit permanentem Dielektrikum verhältnismäßig hoch; man kann in günstigen Fällen mit Werten von etwa 3 % rechnen. Die Oxydschicht und die in ihr enthaltenen Gasblasen stellen naturgemäß ein sehr inhomogenes Dielektrikum dar, wobei durch die Verschiedenheit der Dielektrizitätskonstante in den einzelnen Partikeln hohe dielektrische Verluste hervorgerufen werden.

Das eigentliche Anwendungsgebiet für die elektrolytischen Kondensatoren, u. zw. in Form von sog. Trockenelektrolyt-Kondensatoren, ist die Radiotechnik, u. zw. aus mehrfachem Grunde. Es wurde oben beschrieben, daß die Kapazität innerhalb gewisser Grenzen umgekehrt proportional der angelegten Spannung ist, und es ist daher verständlich, daß man aus einem Elektrolytkondensator mit gegebener Anodenoberfläche dann die größte Kapazität herausholen wird, wenn man die Betriebspannung klein macht. Derart kleine Spannungen, z. B. bis zu 20 V, kommen aber im Rundfunkgerät häufig vor, so daß man bequem in die Lage versetzt wird, dort, wo man bisher die schweren und, bezogen auf das Mikrofarad, relativ teuren Wickelkondensatoren mit permanentem Dielektrikum gebrauchte, jetzt mit gutem Erfolg elektrolytische Kondensatoren anzuwenden; es wird sich bei Neukonstruktion durch die Verwendung großer Kapazitäten vielfach eine Verkleinerung anderer Organe, wie Selbstinduktionen usw., ermöglichen lassen, so daß man einen doppelten Vorteil erhält, z. B. bei Gleichstrom-Netzanschluß-Heizgeräten, wie sie als Zusatzgeräte zu Batterieempfängern zur Entnahme des Heizstromes aus dem Gleichstrom-Lichtnetz immer noch gebaut werden. Das gleiche gilt bei der Konstruktion von direkten Gleichstrom-Netzanschlußgeräten, die noch immer in nicht zu vernachlässigendem Maße Verwendung finden. Auch bei dynamischen Lautsprechern sind solche großen Kapazitäten zur Beruhigung des Felderregerstromes mit Vorteil zu verwenden. Nachdem es durch geschickte Auswahl des Elektrolyten möglich geworden ist, solche Kondensatoren mit sehr kleinen Restströmen herzustellen, hat man aber in letzter Zeit im Rundfunkgerät auch noch weitere Verwendungsmöglichkeiten gefunden, man verwendet nämlich zur Beruhigung von niedriggespannten Strömen, die aus dem Anodenkreis entnommen werden, z. B. der Gittervorspannungen, ganz kleine Elektrolytkondensatoren von Werten bis zu 50 µF mit gutem Erfolg (Abb. 8).

Es liegt auf der Hand, daß schon aus praktischen Gründen derartige Kondensatoren nicht als Flüssigkeitskondensatoren gebaut werden können. Führt man sich ein modernes Netzanschlußgerät vor Augen, das den gesamten Radioteil auf ein Minimum an Platzbedarf zusammendrängt, so erscheint der Gedanke, daß hierin eine Flüssigkeit enthaltende Zelle, noch dazu aus Glas o. dgl., untergebracht werden soll, geradezu absurd. Man hat, wie bereits oben angedeutet, andere Wege beschritten, u. zw. hat man den Elektrolyten in Filtrierpapier, Leinenstoffen o. dgl. aufgesaugt und das Ganze mit den Elektrodenmetallen, die in Form dünner Folien Anwendung fanden, zusammengeschichtet usw. Man kann so Kondensatoren mit einer Kapazität von 5000 µF bei 4 V Betriebspannung auf ganz kleinem Raum unterbringen, wobei das Gewicht des Kondensators 500 g kaum überschreitet. Es erscheint zunächst nachteilig, daß man auf diese Weise verhältnismäßig wenig Elektrolyt zur Verfügung hat; da aber nach einmal stattgefundener Formierung der Reststrom ja ganz gering ist, mithin die Elektrolyse nur sehr kleine Materialmengen erfordert, braucht stets nur sehr wenig Elektrolyt zugegen zu sein. Nachdem es nun schon seit Jahren bekannt ist, dem Elektrolyten hygroskopische Zusätze zu geben, so daß er das durch die Elektrolyse in Form von Wasserstoff und Sauerstoff verlorengegangene Wasser stets wieder aus der Luft ergänzt, kann man mit Recht behaupten, daß von dieser Seite der Lebensdauer der Trockenelektrolyt-Kondensatoren keine Gefahr droht.

Ein solches Paket eines mit Zwischenlagen geschichteten elektrolytischen Kondensators kann man dann in ein sehr leichtes Gehäuse, z. B. aus imprägniertem Hartpapier, bei besonderen mechanischen Beanspruchungen auch aus Metall, einbauen. Durch ihr leichtes Gewicht sind die Kondensatoren besonders zur Verwendung bei Flugzeugen geeignet. Derartige Kondensatoren sind so gebaut, daß sie nicht nur Spannungen von 4 oder 6 V aushalten, sondern daß auch noch durch Anlegen von dauernd 25 V keine Schädigung herbeigeführt wird.

Es gehört zu den charakteristischen Eigenschaften des elektrolytischen Kondensators, daß er nicht durchschlagen kann. Zwar wird die Stromstärke im Falle einer plötzlichen Spannungserhöhung, die bei einem gewöhnlichen Kondensator den Durchschlag zur Folge haben würde, auch beim Elektrolytkondensator sehr steigen, indessen setzt natürlich sofort die Bildung der zu dieser Spannung gehörenden dielektrischen Schicht ein, so daß der Strom sehr bald auf einen geringen Wert zurückgehen

wird. Tritt dann wieder die normale Betriebspannung auf, so wird, namentlich, wenn dem Gleichstrom eine gewisse Wechselstromkomponente überlagert ist, mit der Zeit der frühere Zustand wiederhergestellt werden, und auch die Kapazität, die natürlich bei der stärkeren dielektrischen Schicht heruntergegangen war, wieder auf ihre alte Höhe steigen, mit anderen Worten: der Kondensator hat sich wieder regeneriert. Kommt es trotz aller Vorsichtsmaßregeln einmal vor, daß ein Kondensator austrocknet, so besteht für das Gerät, in dem er eingebaut ist, auch keine Gefahr, denn wenn kein Elektrolyt mehr vorhanden ist, so kann auch kein Strom mehr fließen, mithin wirkt dann der Elektrolytträger wie Papier usw., als Dielektrikum, wodurch naturgemäß die Kapazität, da ja der Abstand der jetzt als Belegung wirkenden Elektrode groß ist, sehr heruntergehen wird, wodurch aber ein Kurzschluß ebenso sicher vermieden ist.

Zum Schluß noch ein Wort über die Meßmethoden. Das Messen derartig großer Kapazitäten war bisher nicht üblich. Die dabei auftretenden Schwierigkeiten hängen hauptsächlich mit der Natur des Elektrolytkondensators zusammen. Will man z. B. einen Kondensator an eine Gleichspannung von 4 V legen und hat ihn dementsprechend mit 10 V formiert, so ist es natürlich nicht angängig, seine Kapazität durch eine einfache Wechselstrom-Stromspannungsmessung zu bestimmen, da dann das Dielektrikum weitgehend durch den Wechselstrom verändert wird. Ohne auf Einzelheiten eingehen zu können, möchte ich nur bemerken, daß es stets zweckmäßig sein wird, die Kapazität nach Möglichkeit so zu bestimmen, wie der Kondensator nachher auch tatsächlich beansprucht werden soll. Liegt aber an dem Kondensator z. B. ein Gleichstrom mit einer verhältnismäßig sehr kleinen Wechselstromkomponente, so wird man gut tun, mit einer sehr kleinen Wechselspannung bei der Messung zu arbeiten, aber die betriebsmäßige Gleichspannung gleichzeitig an den Klemmen des Kondensators zu lassen; die dabei angebrachte Wechselspannung kann möglicherweise nur Bruchteile eines Volt betragen. Hierbei kann ein Übertritt des Gleichstromes in die Transformatorenwicklung des Wechselstromerzeugers durch Zwischenschaltung eines entsprechend bemessenen Kondensators leicht vermieden werden. Es sei in diesem Zusammenhang auf die Arbeit von Zickner u. Pfestorf[5] hingewiesen, die thermowattmetrische Messungen behandelt.

Ich hoffe, daß die kurzen Ausführungen den Eindruck vermitteln konnten, daß nach dem heutigen Stande der Technik der elektrolytische Kondensator einen in seinem Wesen und seiner Konstruktion gut durchgebildeten Apparat darstellt, der hoffentlich der Technik noch manche Aufgabe lösen hilft.

Die Versuche wurden in den Laboratorien der Firma Jaroslaw's Erste Glimmerwarenfabrik in Berlin vorgenommen. Ich wurde bei ihrer Durchführung von Herrn Freude in dankenswerter Weise unterstützt.

[5] Zickner u. Pfestorf, ETZ 1930, S. 1681.

Gleichstrom-, Einphasenstrom- oder Drehstrom-Lichtbogenschweißung?

Von Dipl.-Ing. J. C. Fritz, Köln-Kalk.

Übersicht. Es werden die Vorzüge und Nachteile der einzelnen Stromarten für die elektrische Bogenschweißung gegeneinander abgewogen und festgestellt, daß auch in Deutschland in letzter Zeit immer mehr der einphasige Lichtbogen bei Verwendung von umhüllten Qualitätselektroden vordringt. Schließlich werden noch verschiedene jüngst auf dem Markt erschienene Sonderbauarten elektrischer Schweißbogen-Einrichtungen im Prinzip besprochen.

Die Frage ist eine der umstrittensten, u. zw. nicht nur in Erzeugerkreisen für die entsprechenden Geräte sondern auch in Verbraucherkreisen. Es ist verständlich, daß jede Erzeugerfirma ihr Gerät für das beste hält und je nachdem ihren Standpunkt vertritt. Bei den Verbrauchern ist es so, daß hier in den meisten Fällen die Erfahrung, die man mit den einzelnen Geräten gemacht hat, ausschlaggebend ist für den Standpunkt, den man zu obiger Frage einnimmt. Viele Verbraucher von Elektroschweißgerät sind entweder noch Anfänger oder haben nur mit einer Stromart hauptsächlich gearbeitet und die anderen nur gelegentlich versucht, so daß sie sich kein objektives Urteil erlauben können. Die Elektroschweißer selbst schwören in der Regel auf das Gerät, auf welches sie angelernt worden sind, weil sie dieses am besten kennen. Was ist nun das Richtige? Alle drei Verfahren haben eine Reihe von Vorzügen, aber auch eine Reihe von Nachteilen, und diese mögen im nachfolgenden sine ira et studio einmal gegenübergestellt werden.

Das älteste Lichtbogen-Schweißgerät ist die Gleichstrom-Schweißdynamo. Dann kamen vor einigen Jahren die Einphasen-Schweißgeräte auf und neuerdings auch Drehstrom-Schweißgeräte. In dieser Reihenfolge wollen wir die einzelnen Geräte betrachten. In Deutschland sind an Gleichstrommaschinen zwei grundsätzlich verschiedene Typen gebräuchlich: fremderregte Maschinen und eigenerregte Maschinen. Die fremderregten Maschinen haben eine ein- oder angebaute besondere Erregermaschine, welche den Erregerstrom für das Nebenschlußfeld liefert, der außerdem aber auch zum Betrieb von Licht- oder Bohr- und Schleifmaschinen benutzt wird. Außer diesem befindet sich noch auf den Polkernen eine Gegenstromwicklung, welche ein dem Nebenschlußfeld entgegengesetztes Hauptfeld erzeugt. Schließlich finden wir bei einigen Maschinen auch noch ein eigenerregtes Nebenschlußfeld, Drosselspule, Nebenschlußwiderstände usw. Die eigenerregten Maschinen sind entweder mit Dämpferwicklung versehen, welche in den Polschuhen untergebracht ist, oder sie beruhen auf dem Prinzip der sog. Querfelddynamo, wie man sie auch für die Zugbeleuchtung benutzt[1]. Die eigenerregten Maschinen brauchen keine besondere Erregermaschine. Die Maschinen mit Dämpferwicklung sind im übrigen nach Art der normalen Nebenschlußmaschine gebaut, während die Querfelddynamos zwei Bürstensätze haben, wovon der eine Satz durch einen Kurzschlußbügel verbunden ist, während von dem anderen Bürstensatz der Strom abgenommen wird. Drosselspulen sind bei diesen Maschinen nicht gebräuchlich. Man hat die Schweißdynamos bisher mit Guß-, neuerdings aber auch mit schmiedeeisernen, geschweißten Gehäusen ausgerüstet; letztere sind vorzuziehen, da solche Maschinen widerstandsfähiger sind. Es kommt aber bei Gleichstrommaschinen nicht allein auf die Bauart an sondern auch auf die statische und dynamische Charakteristik. Hierüber sind schon Untersuchungen veröffentlicht worden, doch sind sie noch keineswegs abgeschlossen; dies gilt auch für die Schweißtransformatoren.

[1] ETZ 1929, S. 1188; 1931, S. 903.

Zu den Nachteilen der Gleichstrommaschinen gehört u. a., daß die Gleichstromgeneratoren durch Motoren angetrieben werden müssen. Auch diese sind rotierende Maschinen, für welche dieselben Nachteile wie für die Generatoren (Verschleiß der Kommutatoren und Lager) gelten, falls es sich um Elektromotoren handelt. Man treibt aber auch die Schweißdynamos durch Brennstoffdynamos an, u. zw. entweder durch Benzin- oder Dieselmaschinen. Solche Maschinensätze werden hauptsächlich dort benutzt, wo kein elektrisches Stromnetz in der Nähe vorhanden ist. Der benzinelektrische Antrieb ist teuer im Verbrauch, der dieselelektrische Antrieb in der Anschaffung; außerdem benötigen derartige Maschinensätze außer dem Brennstoff noch Schmieröl und Kühlwasser. Die meisten Gleichstrom-Schweißsätze werden heute fahrbar gemacht, indem man die Maschinen auf einen geschweißten Formeisenrahmen setzt und diesen mit Rädern versieht. Es gibt Ausführungen mit abgefederten und nicht abgefederten Rahmen, kleinen und großen Rädern mit und ohne Gummibereifung. Die meisten Gleichstrom-Schweißumformer sind regenwasserdicht gekapselt, aber nicht wasserdicht; selbst wenn sie mit Feuchtschutz-Isolation versehen sind, ist es doch ratsam, die Maschinen möglichst trocken aufzustellen, d. h., der Gebrauch im Freien ist beschränkt. Es stände nichts im Wege, diese Maschinen auch ganz gekapselt zu bauen, jedoch würden dann der Preis eines solchen Maschinensatzes und auch das Gewicht desselben sich unverhältnismäßig erhöhen, und man ist gerade bestrebt, diese beiden zu senken, da sie gegenüber den Schweißtransformatoren heute noch unverhältnismäßig hoch sind. Es ist klar, daß eine fremderregte Maschine immer schwerer und teurer werden muß und auch in den Raummaßen größer als eine selbsterregte Maschine. Auch die Leerlaufenergie ist bei den Gleichstrommaschinen, besonders bei fremderregten, ziemlich hoch. Dies spielt da, wo ein kWh-Preis von etwa 0,10 RM oder noch höher in Frage kommt, schon eine Rolle, beson-

ders wenn solche Maschinen für Reparaturschweißungen benutzt werden, bei denen oft die Maschinen nur 50 % ihrer Laufzeit unter Last sind.

Die meisten Schweißdynamos sind einstellige Maschinen, es gibt auch solche, die zwei- oder mehrstellig benutzt werden können. Die mehrstelligen Maschinensätze bestehen entweder aus einem Antriebsmotor, der mit einer Anzahl Schweißdynamos gekuppelt ist, dabei ist jede Dynamo nur für eine Schweißstelle; oder der Motor ist mit nur e i n e r Dynamo gekuppelt, von der mehrere Schweißstellen gespeist werden können. Im letzteren Falle müssen an den einzelnen Schweißstellen entweder ohmsche oder induktive Widerstände angebracht werden, damit ein störungsfreier Betrieb möglich ist.

Der Gesamtwirkungsgrad eines Gleichstrom-Schweißumformers ist nicht gerade glänzend. Er schwankt zwischen 0,3 und 0,6[2]. Eine Gleichstrommaschine mit guten Charakteristiken liefert einen hervorragend guten Schweißbogen. Es ist eine Eigentümlichkeit des Gleichstrombogens, daß man bei verhältnismäßig niedriger Zündspannung (etwa 35 ... 60 V) einen Lichtbogen auch mit einer n a c k t e n Elektrode (Schweißstab) zünden und einwandfrei aufrecht erhalten kann. Man verwendet deshalb bei der Gleichstromschweißung mit Vorliebe billige nackte Schweißstäbe.

Da der Gleichstrombogen sich gut halten läßt und eine gewisse Elastizität besitzt, ist er besonders beim Anfänger sehr beliebt. Das Abschmelzen der Stäbe geschieht ruhig, ohne viel Spritzen. Der Schweißer braucht nicht ängstlich den ganz kurzen Lichtbogen zu halten; wenn die Lichtbogenlänge auch schon einmal etwas schwankt, so reißt der Bogen doch nicht ab. Man sollte aber den Metallbogen möglichst klein halten, um die Luft von dem Schmelzfluß fernzuhalten, den Kohlebogen dagegen möglichst lang, um in demselben alle Kohleteilchen zu verbrennen, damit dieselben nicht in die flüssige Schweiße geraten und diese zementieren, d. h. härten.

Man ist nun in letzter Zeit mehr und mehr dazu übergegangen, aus metallurgischen und Festigkeitsrücksichten auch bei Gleichstrom m i t u m h ü l l t e n S t ä b e n zu schweißen, die man in getauchte (dünnumhüllte) und in ummantelte (dickumhüllte) Stäbe unterscheidet. Die dünnumhüllten Stäbe liefern in der Regel keine Schlacke in oder über der Schweiße, sondern die Umhüllung verdampft im Lichtbogen und bildet eine Schutzhülle ähnlich wie bei der Schutzgasschweißung[3]; sie dient hauptsächlich dazu, den Sauerstoff und Stickstoff der Luft, welche während des Schmelzprozesses begierig von dem in der Schweißpfütze befindlichen Schmelzgut aufgenommen werden, fernzuhalten; auch dient sie ferner dazu, den Zündvorgang zu unterstützen. Es ist also möglich, bei Verwendung von umhüllten Elektroden auch mit geringeren Zündspannungen auszukommen und qualitativ höherwertige Schweißungen als mit nackten Elektroden im allgemeinen zu erzielen. Die ummantelten Elektroden liefern über der Schweiße noch eine Schlackenschicht, welche wesentlich den Luftstrom von der Schmelze fernhält und außerdem diese am schnellen Erstarren hindert. Deshalb kann man mit ummantelten Stäben glattere und saubere Nähte von hohen Güteeigenschaften erzielen (besonders gute Dehnungen und Biegewinkel). Schließlich unterstützt der starke Mantel noch das schnellere Abfließen der Elektrode, man braucht weniger Strom, erzielt höhere Leistung und kann damit besser überkopf schweißen. Der große Nachteil derselben ist der, daß man bei jeder Schweißraupe die Schlacke erst sorgfältig entfernen muß, was besonders hinderlich ist, wenn man bei stärkeren Querschnitten mehrere Lagen zu schweißen hat[4]. Der Gleichstrom hat nun noch weiter den Vorteil, daß einige Sonderelektroden, z. B. für Bronze, Kupfer, Aluminium und Edelstahl, sich nur durch ihn vorläufig gut verschweißen lassen. Auch das Schweißen mit dem Kohlebogen, z. B. bei dünnen Blechen, wie Fässer, Transformatorenkästen usw., ist eine Domäne des Gleichstromes. Endlich läßt sich die Stromstärke einiger Gleichstrommaschinen fernregeln, ein Vorzug, der bei Kessel-, Rohrleitungs- und Stahlhochbau-Schweißungen wichtig ist. Hier ist es für den Schweißer sehr lästig, beim Wechsel des Elektrodendurchmessers oder bei Schweißrichtungswechsel erst immer seine Maschine neu einstellen zu müssen.

Schließlich ist bisher die s e l b s t t ä t i g e o d e r m a s c h i n e l l e S c h w e i ß u n g sowohl mit dem Kohleals auch mit dem Metallbogen nur mittels Gleichstrommaschinen praktisch ausgeführt worden. Hier ist noch ein Umformer bemerkenswert, der abweichend von den vorgenannten Bauarten nach folgendem Prinzip gebaut ist: In einem Anker (Rotor) befinden sich in den Nuten zwei getrennte Wicklungen, die eine ist eine Drehstromwicklung und wird ans Netz angeschlossen, die andere eine Gleichstromwicklung; sie führt zum Kommutator. Durch einen kleinen Synchronmotor wird nun der Anker mit gleicher Geschwindigkeit gedreht wie das Drehfeld, aber in entgegengesetztem Sinne, so daß ein stillstehendes Feld resultiert, durch welches sich die Gleichstromwicklung bewegt. Die Maschine liefert also Gleichstrom, ohne ein besonderes Feld oder einen Stator zu benötigen. Der Synchronmotor hat lediglich die Reibungsverluste zu überwinden. Die Maschine kann durch Bürstenverschiebung stufenlos geregelt werden, hat einen guten Wirkungsgrad und einen Leistungsfaktor, der u. U. über 1 beträgt.

Bei den vorher angedeuteten Nachteilen des Gleichstromumformers zum elektrischen Bogenschweißen hat sich vor etwa 10 Jahren das Bedürfnis herausgestellt, den damals überall in der Einführung begriffenen und heute in unseren Überland-, Orts- und Fabriknetzen vorherrschenden Drehstrom bzw. Wechselstrom direkt zum elektrischen Bogenschweißen zu verwenden, u. zw. dadurch, daß man denselben in ruhenden Transformatoren in geeigneter Weise umformt. Nach erheblichen Schwierigkeiten gelang es, einwandfreie S c h w e i ß t r a n s f o r m a t o r e n herzustellen, mit ebenso guter statischer und dynamischer Charakteristik, wie die guten Gleichstrommaschinen sie besitzen. Man hat nun zunächst nur den E i n p h a s e n s t r o m, genau wie in der Widerstandschweißtechnik, auch zum Schweißen mit dem Lichtbogen herangezogen. Dies ist ja auch das nächstliegende, denn der Einphasenstrom hat genau wie der Gleichstrom zwei Leiter; den einen legt man an das Werkstück und den anderen an die Schweißzange, in welche man die Elektrode einklemmt. Dem Einphasentransformator mußte man nun eine abfallende statische Charakteristik geben, genau so wie den Gleichstrommaschinen, einmal, um denselben kurzschlußsicher zu bauen, d. h. man muß ja, um den Lichtbogen zu zünden, mit der Elektrode das Werkstück berühren; in diesem Moment macht man einen Kurzschluß, den das Schweißgerät aushalten muß, anderseits muß sich beim Schweißen eine Lichtbogenspannung von etwa 16 ... 22 V selbsttätig einstellen. Man erreicht diese Kennlinie auf zwei verschiedene Weisen, entweder durch magnetische Streuung oder durch Induktionswirkung (Drosselspule). Die Streutransformatoren bestehen meist aus einem Eisenkern, der eine feste und eine bewegliche Spule trägt, oder beide Spulen sind fest, und ein Stück des Eisenkernes (das sog. Streupaket) ist beweglich angebracht. Durch die Bewegung der Spulen bzw. des lamellierten Eisenkerns in dem Streufeld wird die Schweißstromstärke geregelt. Die Streutransformatoren werden nur luftgekühlt, meist in regensicherer Ausführung gebaut. Wenn man nun hinter einen normalen Transformator eine Drosselspule schaltet und bestimmte Anzapfungen anbringt, so erhält man einen Transformator mit abfallender Charakteristik, der ebenfalls regelbar ist, je nach der Anzahl der Anzapfungen. Es müssen aber genug davon vorhanden sein, sonst ist die stufenlose Regelung entschieden vorzuziehen. Da hier keine Streukraftlinien auftreten, so kann man diesen Transformator in ein Eisengehäuse setzen und also in ölgekühlter Ausführung bauen, was gewisse Vorzüge hat; solche Transformatoren sind ganz wasserdicht, was für Arbeiten im Freien und am Wasser wichtig ist. Auch werden diese Transformatoren in ihrer Bauart außerordentlich leicht und eignen sich deshalb besonders für Montagezwecke. Dem Verschleiß unterworfene Teile sind nicht vorhanden. Die Geräte bedürfen kaum der Wartung, auch ist der Anschaffungspreis entsprechend dem geringeren Kupfer- und Eisengewicht gering. Alle Einphasentransformatoren müssen nun eine höhere Zündspannung haben als die Gleichstrommaschinen, u. zw. etwa 60 ... 80 V. Auch bei dieser höheren Zündspannung kann man blanke Elektroden nicht einwandfrei niederschmelzen, sondern nur umhüllte. Eine Ausnahme macht hier die sog. Elektrode mit Schlackenseele, letztere ersetzt hier die Umhüllung. Blanke Elektroden lassen sich mit Wechselstrom erst bei einer Zündspannung von über 120 V niederschmelzen, doch ist eine derartig hohe Zündspannung auch bei entsprechender Sicherungsvorrichtung (Einschaltrelais) bedenklich und für Montagezwecke durchaus ungeeignet. Der Wirkungsgrad des Einphasen-Schweißtransformators ist durchweg gut, 0,6 ... 0,9, die Leerlaufenergie sehr gering. In der Regel werden die Transformatoren auch fahrbar geliefert, meist aber mit so kleinen Rädern, daß dieselben draußen im Gelände nicht zu gebrauchen sind. Den vielen Vorteilen des Einphasen-Schweißtransformators stehen jedoch auch Nachteile gegenüber. Vor allen Dingen haben die Transformatoren einen sehr schlechten Leistungsfaktor (etwa 0,3). Das bedingt eine hohe Anschlußleistung, die in der Regel nur möglich

[2] ETZ 1929, S. 1137 u. auch S. 210.
[3] ETZ 1930, S. 1649.
[4] ETZ 1930, S. 1500.

ist bei Vorhandensein eines größeren Kraftnetzes und außerdem starker Zuleitungen. Wenn man nun parallel zu einem solchen Transformator einen Kondensator[5] schaltet, so kann man damit den Leistungsfaktor beliebig erhöhen und erreichen, daß man ein solches Gerät bequem auch an ein Lichtnetz anschließen kann, was für Montagezwecke wieder sehr vorteilhaft ist. Der Kondensator besteht aus einem geschweißten wasserdichten Blechkasten, in dem sich in einer Kabel- oder Ölmasse eine Anzahl Papierrollen befinden, welche eine Aluminiumfolie als Belegung einschließen. Der Kondensator ist also leicht und billig und für den rauhesten Betrieb geeignet. Der Nachteil des Einphasentransformators, daß er nur eine Phase, d. h. zwei Leiter eines Drehstromnetzes belastet, wird durch den Kondensator also zum größten Teil aufgehoben, da die Anschlußleistung so gering wird, daß man den Anschluß an jedes Lichtnetz gestatten kann und dabei noch den Vorteil der geringen Anschlußleistung hat. Ein weiterer Vorteil des Einphasentransformators ist, daß er sich bequem umschaltbar für alle gebräuchlichen Netzspannungen bauen läßt, wobei man nebenbei auch wieder Anzapfungen für Licht und Handarbeitsmaschinen vorsehen kann, was wieder für Montagezwecke wesentlich ist. Die Schutzgasschweißung, welche eine gewisse Weiterentwicklung der Schweißung mit umhüllten Stäben darstellt, benutzt als Stromquelle gleichfalls den Einphasen-Wechselstrom.

Drehstrom-Schweißgeräte gibt es bisher noch wenige. Der einstellige Transformator (Drehstrom-Einphasenstrom) hat in den bisher auf dem Markt erschienenen Typen den Nachteil der nicht gleichmäßig belasteten Phasen, außerdem den schlechten Leistungsfaktor und die schweißtechnischen Nachteile des Wechselstromes überhaupt. Es sind jedoch in allerjüngster Zeit einige Lösungen gefunden worden, welche diese Nachteile vermeiden wollen. Der zweistellige Drehstromtransformator, bei welchem sekundärseitig ein Leiter an das oder die Werkstücke gelegt wird, während die beiden anderen Leiter je an eine Elektrode gelegt werden, hat den Vorteil der ziemlich gleichmäßigen primären Netzbelastung, dafür aber den Nachteil des schlechten Leistungsfaktors, der jedoch durch die Parallelschaltung mit einem Drehstromkondensator aufgehoben werden kann. Weitere Nachteile sind folgende: Wenn das Gerät nur einstellig benutzt wird, werden der Wirkungsgrad und Leistungsfaktor sehr schlecht, wenn die zweite Schweißstelle künstlich belastet wird; im anderen Falle fällt außerdem noch der Vorteil der gleichen Netzbelastung aus; wenn aber das Gerät zweistellig benutzt wird, z. B. durch zwei verschiedene Schweißer, so ist eine bestimmte konstante Schweißstromstärke für jeden Schweißer nicht immer zu erreichen. Dieser Nachteil fällt bei Benutzung des Drehstrom-Schweißbogens fort, d. h., wenn die beiden Leiter an zwei Elektroden angelegt werden, welche in dem gleichen Flammenbogen arbeiten. Doch stellen sich hier bisher erhebliche praktische Schwierigkeiten heraus, die auch durch die sog. Doppel- oder Sandwich-Elektroden scheinbar noch nicht beseitigt sind. Übrigens kann man bei der Benutzung dieser die Zündspannung erheblich herabsetzen (etwa auf 35 V), wodurch der Leistungsfaktor wieder so steigt, daß man ihn nicht mehr z. B. durch Kondensatorwirkung zu heben braucht.

Der Vollständigkeit wegen sei nun noch ein jüngst auf dem Markt erschienener rotierender Transformator[6] erwähnt. Die Maschine liefert einen Schweißstrom von 150 Hz. Eine wesentliche Herabsetzung der Zündspannung wird hierdurch nicht erreicht, wohl aber wird die Maschine in ihrer Bauart leicht, hat einen guten Wirkungsgrad und als Frequenzwandler auch einen erträglichen Leistungsfaktor. Der Lichtbogen hat im allgemeinen die Eigenschaften des normalen Wechselstrombogens, d. h., nackte Stäbe lassen sich auch bei dieser Frequenz nicht gut verschweißen, jedoch bietet der Gebrauch von 150 Hz noch den wesentlichen Vorteil, daß man ein Gerät bauen kann, welches gleichzeitig Schweißstrom und auch Strom für die neuerdings auf dem Markt erschienenen elektrischen Handarbeitsmaschinen zum Bohren, Schleifen, Fräsen usw. für 150 Hz liefert, da solche Maschinen ja wesentliche Vorteile haben gegenüber den normalen elektrischen Handarbeitsmaschinen; hinzu kommt noch, daß diese Maschinen nur mit der Spannung von 70 V betrieben werden, also sozusagen ungefährlich sind.

Bei der außerordentlich starken Entwicklung, welche die elektrische Bogenschweißung z. Z. durchmacht, darf erwartet werden, daß noch manche der vorhin erwähnten Nachteile der Geräte behoben werden.

[5] ETZ 1928, S. 398.

[6] ETZ 1930, S. 311.

Das „Mikrostrahlensystem", Funkspruch auf 18 cm-Wellen.

(Mitteilung aus den Laboratorien des I. T. & T.-Konzerns.)

Übersicht. Es werden neue Einrichtungen beschrieben, die den Funkverkehr auf Mikrostrahlen, das sind ultrakurze Wellen unter ½ m Länge, nunmehr praktisch möglich machen. Die hierbei verwendete Wellenlänge beträgt 18 cm, die ausgestrahlte Senderleistung nur 0,5 W, und Sende- wie Empfangsantenne sind nur 2 cm lang. Abschließend wird auf die Bedeutung dieser Entwicklung für das elektrische Nachrichtenwesen eingegangen.

Am 31. III. d. J. wurde auf den Felsen der St. Margaret's Bay bei Dover in England einer internationalen Versammlung von Regierungs- und Pressevertretern durch die Ingenieure der International Telephone and Telegraph Laboratories in Hendon, England, gemeinsam mit Ingenieuren der gleichfalls zum I.T.T.-Konzern gehörigen Firma Le Matériel Téléphonique, Paris, eine neue Ultrakurzwellen-Fernsprech- und -Telegraphieeinrichtung an einer Verbindung zwischen Dover und Calais erfolgreich vorgeführt. Hierbei wurden zum erstenmal Schwingungen mit der außerordentlich kurzen Wellenlänge von 18 cm (die man „Mikrostrahlen" benannte) zur Herstellung einer Funksprechverbindung für Gegenverkehr von hoher Güte benutzt.

Obwohl eine Anzahl Forscher bereits in der Erregung und Anwendung von Schwingungen solcher Wellenlängen erfolgreich waren[1], ist bisher nichts erreicht worden, was über Laboratoriumsarbeiten hinausgeht. Der durch diese Vorführung gezeigte außerordentliche technische Fortschritt sowohl hinsichtlich der überbrückten Entfernung als auch der erzielten Ergebnisse öffnet endgültig den Wellenbereich von 10 ... 100 cm der praktischen Ausnutzung. Die Güte der empfangenen Sprache entsprach vollkommen der Übertragung auf einer guten Fernsprechverbindung, und ferner zeigten sich keinerlei Anzeichen eines Fadings, von dem also Wellen dieser Frequenz offensichtlich frei sind. Die außerordentlich kurze Wellenlänge (18 cm) gestattet die Anwendung elektrooptischer Vorrichtungen, wie sie sonst nur in Verbindung mit Lichtstrahlen benutzt werden, so z. B. von Reflektoren und Refraktoren. Eine weitere Ähnlichkeit zwischen diesen Strahlen und dem Licht besteht darin, daß gegenseitige Sichtbarkeit von Sender und Empfänger vorhanden sein muß oder sich wenigstens kein leitendes Hindernis von allzu großen Ausmaßen zwischen beiden befinden darf, obwohl Nebel, Regen und ähnliche klimatische Einflüsse ebenso wie Tag und Nacht die Fortpflanzung der Wellen nicht wesentlich stören.

Beschreibung der Einrichtung.

Die beiden Funkstellen in Dover und Calais waren in allem wesentlichen vollkommen gleich. Beide bestanden aus einem Sender, einem Empfänger und einer Endstelleneinrichtung normaler Konstruktion zur Verbindung dieser beiden für Sprechmöglichkeit im Gegenverkehr. Alle wesentlichen Einzelheiten sind in Abb. 1 gezeigt. Die abgehenden Sprechströme werden einer „Mikroradion" genannten Röhre zugeführt, die die Hochfrequenzschwingungen erregt. Eine kurze Energieleitung verbindet die Mikroradion-Röhre mit dem Dipol, der nur 2 cm lang ist. Die Amplitude der Hochfrequenzschwingung ist längs des Dipols in jedem Augenblick im wesentlichen die gleiche. Der Dipol befindet sich im Brennpunkt eines parabolischen Reflektors von ungefähr 3 m Dmr., der dazu dient, die Ausstrahlungen auf ein Wellenbündel mit schmalem Strahlungswinkel zu konzentrieren, das genau nach dem entfernten Empfänger gerichtet ist. Bei diesem Reflektor ist das Verhältnis zwischen Brennweite und Durchmesser so gewählt, daß für den verwendeten Durchmesser der höchste Wir-

[1] Z. B. Kohl, Naturwissensch. Bd. 17, S. 544 (1929). Ergebnisse der exakten Naturwissenschaften Bd. 9, S. 333, Verlag Julius Springer, Berlin 1930. — W. Hahnemann, El. Nachr.-Techn. Bd. 6, S. 365 (1929). — F. Gerth, El. Nachr.-Techn. Bd. 8, S. 39 (1931).

kungsgrad erreicht wird. Um die Wirksamkeit der Anlage durch Verhinderung aller Ausstrahlungen bis auf die in der gewünschten Richtung weiter zu erhöhen, befindet sich auf der dem parabolischen Reflektor gegenüberliegenden Seite des Dipols ein halbkugelförmiger Reflektor, in dessen Mittelpunkt der Dipol liegt. Dieser Reflektor dient dazu, alle Ausstrahlungen in der Richtung nach vorn zu sammeln und auf ihren Ausgangspunkt zurückzustrahlen.

a Energieleitungen
b Dipol, 2 cm lang
c halbkugelförmiger Reflektor
d Mikroradion-Röhre
e parabolischer Reflektor
f Wellenmesser
g Anschlußleitungen an die Fernkabel-Endstelle

Abb. 1. Aufbau des Mikrostrahlensenders.

Der Radius des halbkugelförmigen Reflektors ist so gewählt, daß die rückgestrahlten Schwingungen beim Wiedereintreffen im Brennpunkt mit den in diesem Augenblick ausgestrahlten Wellen in Phase sind. Die angewendete Radiuslänge hängt von der Wellenlänge ab, u. zw. besteht die Beziehung, daß erstere ein Vielfaches der halben Wellenlänge sein soll, das heißt $r = N \cdot \lambda/2$. Der Faktor N wird so gewählt, daß der Radius groß genug ist, um einen Reflektor mit befriedigenden elektrooptischen Eigenschaften zu ergeben, aber nicht groß genug, um die vom parabolischen Reflektor nach vorn gestrahlten Schwingungen unerwünscht zu hemmen. Die auf die parabolischen Reflektoren eines Verbindungsweges zurückzuführende Verstärkung wird mit 5,3 Neper angegeben, wozu noch weitere 0,7 Neper durch die halbkugelförmigen Reflektoren hinzukommen.

Eine weitere interessante Einrichtung sind die Vorkehrungen zur Messung der Hochfrequenz-Ausgangsleistung des Senders. Zu diesem Zweck ist im Mittelpunkt des parabolischen Reflektors eine Öffnung vorgesehen, durch die ein Teil der Strahlen hindurchgeht. Der Durchmesser der Öffnung ist etwas kleiner gehalten als der des halbkugelförmigen Reflektors, so daß sich keine Verluste an ausgestrahlter Energie ergeben. Die durch die Öffnung hindurchgehenden Strahlen treffen auf das zur Verwendung kommende besondere Meßinstrument. Dieses ist im Prinzip in Abb. 2 dargestellt. Es hat die Form eines

a Antenne
b Thermoelement
c Galvanometer

Abb. 2. Aufbau des Wellenmessers.

Wellenmessers, der normalerweise auf die ausgesendeten Frequenzen eingestellt und für diese geeicht ist, und besteht aus einer kleinen Empfangsantenne sowie aus einem Thermoelement, auf das die in der Antenne erregte EMK einwirkt. Die Ablesungen an dem angeschlossenen Galvanometer geben ein Maß für die ausgestrahlte Energie, während die einstellbare Entfernung zwischen Antenne und Metallschirm auch die Durchführung von Wellenlängenmessungen ermöglicht. Die bei der Vorführung verwendete Wellenlänge betrug 18 cm und die ausgestrahlte Energie war etwa 0,5 W. Abb. 3 zeigt die Anlage in Dover, u. zw. vorn den Sender, hinten den Empfänger.

Der Empfänger ist ein Gegenstück zum Sender mit Ausnahme der Hochfrequenz-Meßvorrichtung, die hier fehlt. Er besteht aus einem Dipol, der durch eine Energieleitung mit einer Mikroradion-Röhre verbunden ist, in der die Gleichrichtung erfolgt. Zum Sammeln der empfangenen Wellen auf diesen Dipol werden parabolische und halbkugelförmige Spiegel von genau der gleichen Art wie im Sender benutzt. Um Kopplungen zu vermeiden, ist der Empfänger an jeder Endstelle in einer Entfernung von etwa 100 m vom Sender so aufgestellt, daß er sich im elektrooptischen Schatten desselben befindet, wobei die Strahlenbeugung gebührend berücksichtigt wurde. Diese Anordnung ist in Abb. 4 bildlich dargestellt. Zum Senden und Empfangen wird die gleiche Wellenlänge benutzt.

Abb. 3. Der Mikrostrahlensender auf den Felsen der St. Margaret's Bay bei Dover; rechts im Hintergrunde ist der Empfänger zu sehen; die parabolischen Reflektoren haben einen Durchmesser von ungefähr 3 m.

Die Bedeutung der Vorführung.

Der Erfolg dieser Vorführung hat endgültig erwiesen, daß der Wellenbereich von 10 ... 100 cm nunmehr dem praktischen Verkehr zugänglich gemacht ist. Die Wichtigkeit dieser Tatsache braucht in Anbetracht der Überfüllung des Äthers kaum betont zu werden. Eine einfache Berechnung zeigt, daß der innerhalb dieses Bandes verfügbare Frequenzbereich ungefähr neunmal so groß ist als der des bisher in der Funktechnik verwendeten Bandes. Hinzu kommt die Tatsache, daß die Strahlungen leicht und billig auf ein Wellenbündel mit kleinem Strahlungswinkel konzentriert werden können. Obwohl zur Herstellung einer Verbindung die gegenseitige Sichtbarkeit zwischen Sender und Empfänger erforderlich ist, verhindert diese Tatsache keineswegs den Fernverkehr. Das zur Verfügung stehende Frequenzband wird den Betrieb einer sehr großen Zahl von dauernden und ununterbrochenen Sprechwegen zwischen den gleichen Orten ohne gegenseitige Störung zulassen, während die Eigenschaft der Richtwirkung und der verhältnismäßig kleine Bereich der Wellen die Verwendung der gleichen Frequenzen auf andern Linien möglich machen wird.

Abb. 4. Anordnung von Sender und Empfänger an den Endstellen der Funklinie; der Empfänger ist nur etwa 100 m vom Sender entfernt in dessen Wellenschatten aufgestellt.

Die Einfachheit der Sender macht sie als Funkleuchtfeuer für Navigationszwecke besonders geeignet. Ferner weist die Einfachheit der Apparate auf wertvolle Anwendungsmöglichkeiten im Verkehr zwischen Schiffen hin. Der geringe Umfang der Einrichtung wird die Nutzbarmachung ihrer Richtwirkung durch Anbringung an Bord ermöglichen. Im Verein mit dem kleinen Bereich ergibt dies eine praktisch geheime Verbindungsmöglichkeit zwischen einzelnen Schiffen.

Über neue Arbeiten auf dem Gebiete der kosmischen Ultrastrahlung.

Von V. F. Hess, Graz.

Übersicht. Zweck dieses Aufsatzes ist, die Leser über einige wichtigere neuere Arbeiten auf dem Gebiete der Ultrastrahlung zu informieren, welche seit Prof. Regeners Vortrag in der Festsitzung des Elektrotechnischen Vereins und der Heinrich-Hertz-Gesellschaft in Berlin (18. XI. 1930)[1] erschienen sind. Im besonderen werden die Ionisation der höheren atmosphärischen Schichten und die neuesten Ansichten über Art und Ursprung der Ultrastrahlung behandelt.

Die Erforschung der Ultrastrahlung (früher auch Höhenstrahlung, Weltraumstrahlung, kosmische Strahlung, Ultra-X-Strahlung u. dgl. genannt) steht gegenwärtig im Mittelpunkt des Interesses der Physiker der Alten und der Neuen Welt. Wie schon Regener[1] dargelegt hat, bedingen es die außerordentlich großen Schwierigkeiten experimenteller Art, welche bei der Erforschung der Ultrastrahlen auftauchten, daß wirkliche Fortschritte auf diesem schon seit 1912 erschlossenen Gebiete verhältnismäßig sehr langsam erzielt werden, obwohl die Zahl der veröffentlichten Arbeiten über Ultrastrahlung schon mehrere hundert übersteigt.

Den Techniker interessiert natürlich ganz besonders die Frage, welche Rolle die Ultrastrahlung bei der Ionisation der höheren atmosphärischen Schichten spielt. Schon im Jahre 1926 hat H. Benndorf[2] unter plausiblen Annahmen berechnet, daß das Vorhandensein einer leitenden „Heaviside-Schicht" in Höhen von etwa 100 km auch bei Nacht, d. h. bei Abwesenheit der Sonnenstrahlung, auf die Wirkung der kosmischen Ultrastrahlung zurückzuführen sei. Der amerikanische Physiker E. O. Hulburt[3] hat dasselbe Problem unter Benutzung neuerer Beobachtungsdaten in etwas verschiedener Weise behandelt, worüber nun berichtet werden soll; er setzt sich zum Ziele, die Zahl der Ionen im Kubikzentimeter in der Atmosphäre in verschiedenen Höhen zu errechnen. Zunächst wird die Zahl der Moleküle im Kubikzentimeter (im Meeresniveau $n_0 = 2{,}68 \cdot 10^{19}$) in verschiedenen Höhen nach einer von Maris gegebenen Exponentialformel berechnet; für die Werte der Ionisation in geschlossenen Gefäßen legt er die (wohl erheblich zu niedrigen) von Millikan angegebenen Werte (1,4 J in 0 km, 21,1 J in 10 km Höhe) zugrunde und berechnet die Werte der Ionisation in der freien Atmosphäre einfach unter der Annahme, daß diese proportional der wirklich vorhandenen Luftdichte sei (die Sekundärstrahlung der Gefäßwände wurde nicht berücksichtigt). Die Ausdehnung der Berechnungen auf Höhen von 20 ... 80 km erfolgt durch ein Extrapolationsverfahren, dessen zahlenmäßige Resultate betreffs ihrer Genauigkeit natürlich völlig von der Sicherheit der zugrunde gelegten Daten über Energiedichte der Ultrastrahlung an der Grenze der Atmosphäre usw. abhängen. Es sei nur z. B. erwähnt, daß, wie weiter unten näher ausgeführt wird, heute Millikan bereits zugibt, daß die von ihm früher angefochtene Kurve der Zunahme der Ionisation mit der Höhe nach den ersten Beobachtungen von Hess (1912) und von Kolhörster (1913/14) völlig richtig ist, daher die Extrapolation der Ionisationswerte bis zur Grenze der Atmosphäre nicht auf Grund der Annahme eines einheitlichen Absorptionskoeffizienten (wie es bei Hulburt geschehen ist) erfolgen darf. Hulburt berechnet sodann die Zahl der freien Elektronen und die der Ionen in verschiedenen Höhen auf Grund eines quadratischen Wiedervereinigungsgesetzes. Für die erstere findet er außerordentlich kleine Werte (in 0 km $3 \cdot 10^{-6}$ Elektronen/cm³ und sogar in 60 km Höhe erst 1 Elektron auf 1000 cm³). Die Ionenzahlen in der Atmosphäre steigen nach Hulbert von rd. 800/cm³ im Meeresniveau auf 2000 in 20 km, 3000 in 40 km, um dann bei weiterer Erhebung nur mehr wenig zu wachsen. Für eine derartige Verteilung der Ionenzahlen ist keine merkliche Absorption der elektromagnetischen Wellen auch für große Wellenlängen von über 100 km zu erwarten. Doch bewirkt die Ionisation der erwähnten Größenordnung schon eine deutliche Brechung; Wellen von mehr als 11 km Wellenlänge werden, wenn sie streifend auf die ionisierte Schicht fallen, schon zur Erde zurückgelenkt. Die Refraktion wird bei längeren Wellen sehr stark merklich sein, und z. B. Wellen von $\lambda = 90$ km würden auch bei senkrechter Inzidenz von der durch die Ultrastrahlen ionisierten Schicht in etwa 50 km Höhe in sich selbst zurückgeworfen.

Die Ausbreitung der langen elektrischen Wellen (von mehr als $\lambda = 11$ km) sollte also nur durch die durch Ultrastrahlen bewirkte Ionisation bedingt sein und keinen Unterschied zwischen Tag und Nacht erkennen lassen, was der Erfahrung entspricht. Kürzere Wellen dagegen wären fähig, in größere Höhen durchzudringen, wo sie dann zu der auf der Tagseite der Erde vom ultravioletten Sonnenlicht erzeugten elektrisch gut leitenden Heaviside-Schicht gelangen und allmählich wieder erdwärts gelenkt werden. Daß eine für lange Wellen „reflektierende" Schicht in 50 bis 70 km Höhe existiert, ist bei Interferenzversuchen mit elektrischen Wellen von 15 km Wellenlänge von Hollingworth und von Eckersley festgestellt worden[4].

Hulburt berechnet ferner, daß, wenn an der Grenze der Atmosphäre ein Fünftel der Ultrastrahlenenergie (d. h. $1 \cdot 10^{-4}$ Erg/cm² s) aus Strahlen bestünde, die 10mal weniger durchdringend wären als die im Meeresniveau beobachteten Ultrastrahlen ($\mu = 0{,}25$ m^{-1} in Wasser), diese weichen Strahlen ihre Wirkung nur in Höhen bis zu 10 km herab äußern könnten. In 40 km Höhe würden sie allerdings 12 000 Ionenpaare im Kubikzentimeter erzeugen. Im ganzen muß man wohl sagen, daß infolge der gerade jetzt wieder unsicher gewordenen Grundlagen der Hulburtschen Berechnungen seine ganzen Schlußfolgerungen an Überzeugungskraft verloren haben und schon jetzt revisionsbedürftig erscheinen.

Am Schlusse seiner Arbeit diskutiert Hulburt die von C. T. R. Wilson aufgestellte Hypothese, daß ein Teil der Ultrastrahlung von Elektronen bewirkt sei, die in sehr starken Gewitterfeldern sehr stark beschleunigt werden und im magnetischen Feld der Erde weite Spiralbahnen beschreiben („Runaway-Elektronen").

Diese Elektronen würden sich über um so weitere Regionen ausbreiten, in je höherer Breite sie erzeugt werden. Da nun in höheren Breiten Gewitter sehr selten sind, so wäre die Folge, daß diese Elektronen hauptsächlich in der Äquatorialzone auftreten würden. Dort müßte also eine Erhöhung der Intensität der Ultrastrahlung auftreten, was aber durchaus den Beobachtungen widerspricht. Hulburt glaubt daher, daß der von Wilson behauptete Effekt quantitativ nicht ausreichend sei, um in den Beobachtungen bemerkt zu werden.

B. F. J. Schonland[5] beobachtete in Südafrika bei Gewittern sogar eine kleine Verringerung der Ionisation in geschlossenen Gefäßen, die am stärksten war, wenn die Wolken oben starke positive Ladung aufwiesen. Daraus schließt Schonland, daß die Ultrastrahlung nicht aus Elektronen, sondern aus elektromagnetischen Quanten und aus positiven Korpuskeln bestehe.

Anderseits sind im Jahre 1930 von R. Steinmaurer[6] Registrierungen der Ultrastrahlung auf dem Sonnblick (3100 m) publiziert worden, welche sowohl bei nach oben ungepanzerten Apparaten als auch bei allseitiger Abschirmung der Apparate mit einem 7 cm dicken Eisenpanzer eine kleine Erhöhung der Ultrastrahlungsintensität bei Gewittern erkennen lassen, was man als erste experimentelle Bestätigung der Wilsonschen Hypothese deuten kann.

Es muß indes immer wieder hervorgehoben werden, daß auch C. T. R. Wilson selbst nie daran gedacht hat, den ganzen Effekt der Ultrastrahlung oder auch nur einen erheblichen Teil desselben durch seine oben erwähnte „Runaway-Elektronen"-Hypothese zu erklären. Es kann also höchstens nur ein kleiner Bruchteil des Gesamteffektes auf solche terrestrische Phänomene zurückgeführt werden.

Der überwiegende Teil der Ultrastrahlung ist zweifellos kosmischen Ursprungs. Ob dieser Teil schon beim Eindringen in die obersten atmospärischen Schichten zum Teil aus schnell bewegten Korpuskeln (Elektronen, Protonen) oder durchaus aus elektromagnetischen Wellen kürzester Wellenlänge (Photonen) besteht, ist noch nicht geklärt. Ein Teil der Forscher neigt der Ansicht zu, daß die schnell bewegten Elektronen, welche durch die Versuche von Bothe und

[1] Regener, ETZ 1931, S. 97.
[2] Benndorf, Phys. Z. Bd. 27, S. 626 (1926).
[3] E. O. Hulburt, Phys. Rev. Bd. 37, S. 1 (1931).
[4] J. Hollingworth, J. Inst. El Engs. London Bd. 64, S. 579 (1926). — Eckersley, wie vor, Bd. 63, S. 933 (1925).
[5] B. F. J. Schonland, Proc. Roy. Soc. (A) Bd. 130, S. 37 (1930).
[6] R. Steinmaurer, Sitz.-Ber. Wiener Akad. Wiss. (IIa) Bd. 139, S. 281 (1930).

Kolhörster (1929) nachgewiesen worden sind, erst in der Erdatmosphäre erzeugt werden, und zwar dadurch, daß die eintretenden Photonen sukzessive durch Zusammenstöße mit Atomen bzw. Molekülen (Compton-Prozesse) Energie abgeben, zum Teil eben die schnellen Sekundärelektronen erzeugen. Insbesondere sprechen die eben veröffentlichten Versuche von Bruno Rossi[7] sehr hierfür: Rossi ist es durch Versuche mit zwei übereinander angebrachten Elektronenzählröhrchen mit abwechselnd oberhalb und dazwischen geschalteten absorbierenden Platten gelungen, die in einem 10 cm dicken Bleiblock durch Ultrastrahlung erzeugten hochgeschwinden Sekundärelektronen nachzuweisen. Es liegt nahe, nun alle bei Zählrohrversuchen nachgewiesenen Elektronen als solche Sekundärelektronen aufzufassen, insbesondere da es, wie Rossi hervorhebt, ja durchaus möglich ist, daß derartig schnelle Elektronen größeres Durchdringungsvermögen besitzen als die elektromagnetische Primärstrahlung, von der sie erzeugt werden; dieselbe Ansicht äußerten (anscheinend unabhängig von Rossi) später auch R. A. Millikan u. Cameron[8], welche nach wie vor die Anschauung vertreten, daß die Ultrastrahlung bei der Bildung von Atomen, z. B. des Heliums, Sauerstoffs, Siliziums, Eisens, durch gleichzeitigen Zusammentritt einer entsprechenden Anzahl von Protonen und Elektronen entstehe und daß diese Atombildungsprozesse vorzugsweise im interstellaren Weltraume vorkommen. Vom chemischen Standpunkte hat gegen diese Millikansche Hypothese jüngst der bekannte englische Forscher F. Soddy Bedenken geäußert. Daß die nach der Klein-Nishina-Formel unter der Annahme der genannten Atombildungsprozesse gerechneten Absorptionskoeffizienten der Ultrastrahlung nur bei der weichsten Komponente (entsprechend der Bildung von Helium aus 4 Protonen und Elektronen) mit den beobachteten Werten stimmen, führen Millikan und Cameron auf ein Versagen der Gültigkeit der Formel von Klein und Nishina bei den härteren Komponenten der Strahlung zurück.

Aus all diesen Überlegungen tritt immer wieder klar hervor, wie gewagt es ist, genaue Wellenlängen (λ) und Frequenzangaben aus Messungen der Absorptionskoeffizienten (μ) für eine Strahlung abzuleiten, für welche die Formel, die den Zusammenhang zwischen λ und μ geben soll, nicht direkt erprobt werden kann.

Nach den Überlegungen von B. Rossi[7] wäre es jedenfalls möglich, daß die primäre Ultrastrahlung in den oberen Schichten der Atmosphäre noch durchaus nicht im Gleichgewicht mit den von ihr erregten Sekundärelektronen steht. Solange dies nicht der Fall ist, wäre es sinnlos und unerlaubt, aus der Kurve der Zunahme der Intensität der Ionisation mit der Höhe Schlüsse auf die Absorbierbarkeit der Primärstellung zu ziehen. Es ist bekannt, daß Millikan und Bowen im Jahre 1922 mittels eines Pilotballons die Mittelwerte der Intensität der Ultrastrahlung zwischen 5 und 15 km Höhe registriert haben, woraus sie für diese Höhen sehr viel kleinere Intensitäten ableiteten, als die ersten direkten Ballonbeobachtungen von Hess und von Kolhörster für 5...9 km Höhe ergeben hatten. Millikan und Cameron geben nun in ihrer letzten oben zitierten Arbeit an, daß ihre Absorptionskurve in größeren Höhen genau so steil ansteigt, wie es nach den ersten Beobachtungen von Hess und von Kolhörster der Fall ist, womit alle ihre vor einigen Jahren gegen Hess und Kolhörster erhobenen Einwendungen beseitigt erscheinen. Es scheint durchaus möglich, daß die Ionisation irgendwo, z. B. etwa bei 10 km Höhe, einen Maximalwert erreicht, um weiter nach oben wieder abzunehmen. Auch der Absorptionskoeffizient müßte dann wieder abnehmen, wenn in dieser Höhe das Gleichgewicht zwischen Primär- und Sekundärstrahlung noch nicht erreicht ist. Es ist zu hoffen, daß die neuen Beobachtungen von A. Piccard auf seinem Stratosphärenflug bis 16 km Höhe diesbezüglich wertvolle Aufschlüsse bringen.

Wenn nun auch hinsichtlich des kosmischen Ursprungs der primären Ultrastrahlung und ihrer Natur (kurzwellige elektromagnetische Strahlung) kaum ein Zweifel mehr besteht, so ist die Frage ihrer Herkunft noch in lebhafter Diskussion. Während die amerikanischen Forscher, besonders Millikan und seine Mitarbeiter, wie schon oben erwähnt, den Standpunkt vertreten, daß die Ultrastrahlung durch Entstehung schwerer Atome aus Protonen und Elektronen im massenarmen Interstellarraum bei den dort herrschenden tiefen Temperaturen zustandekommt, wird von europäischen Forschern wie Kolhörster, Corlin und Steinke die Auffassung vertreten, daß gewisse Sterntypen, kosmische Nebel u. dgl. als Ursprungsort anzusehen seien, da die Ultrastrahlung bzw. ihr weichster Anteil tägliche Schwankungen nach Sternzeit erkennen lassen.

Die außerordentliche Kompliziertheit der zeitlichen Schwankungen der Ultrastrahlung (je nach Luftdruck, Tageszeit usw.) hat bisher eine endgültige Entscheidung der erwähnten Frage nicht ermöglicht. Immerhin sprechen insbesondere wieder die neuesten sehr präzisen Beobachtungen Steinkes deutlich für das Vorhandensein einer wenn auch sehr kleinen Tagesschwankung nach Sternzeit.

In allerneuester Zeit sind auch andere Einflüsse festgestellt worden: Corlin fand[9], daß in Abisko (Nordschweden, 68° n. Br.) die Ultrastrahlungsintensität um 4...8% erhöht war, wenn Polarlichter sichtbar waren. Eine weitere Untersuchung an dem gleichen Beobachtungsmaterial zeigte, daß nach dem Einsetzen starker erdmagnetischer Störungen („Impulse") fast stets eine Zunahme der Strahlungsintensität (im Mittel um 0,08 J, d. i. 2,9% der Ultrastrahlungsstärke) eintritt. Es scheint sogar ein direkter Zusammenhang zwischen der prozentualen Größe der Änderung der Ultrastrahlungsintensität und der prozentualen Änderung der Totalintensität zu bestehen, woraus nach Corlin zu schließen wäre, daß die Ultrastrahlungsintensität der erdmagnetischen Totalintensität proportional sein müsse; die bisher vorliegenden wenigen Beobachtungen über den sog. Breiteneffekt (d. i. Änderung der Ultrastrahlungsintensität mit der geogr. Breite) stützen nur zum Teil diese Auffassung. Die weitere Untersuchung dieser Zusammenhänge ist von größtem Interesse.

Während schon die ersten Beobachtungen von Hess (1912) bei einer Sonnenfinsternis sowie auch alle späteren Messungen gezeigt haben, daß kein meßbarer Anteil der Ultrastrahlung von der Sonne herstamme, hat die erhöhte Meßgenauigkeit bei den Präzisionsmessungen der letzten Jahre doch eine teilweise Revision dieses Standpunktes notwendig gemacht. Hess[10] hat durch Analyse der mit einer Hochdruckapparatur auf Muottas Muraigl (Engadin) in 2450 m Höhe von Hoffmann und Lindholm bzw. Lindholm ausgeführten Registrierungen der Ultrastrahlung zeigen können, daß ein kleiner Teil der gesamten Ultrastrahlung (wahrscheinlich ½ %) doch solaren Ursprunges ist und daß diese Solarkomponente der Ultrastrahlung mindestens das gleiche Durchdringungsvermögen besitzt wie die gesamte Ultrastrahlung. Dieses Ergebnis ist (nach einer freundlichen brieflichen, noch nicht publizierten Mitteilung) durch Dr. Pforte, einen Mitarbeiter Prof. Hoffmanns in Halle, weiter bestätigt worden. In einem großen Zwillingsapparat hat sich das Tagesmaximum der Ultrastrahlung zur Zeit der Kulmination der Sonne genau um 12 Uhr Ortszeit ergeben, wenn der Apparat allseits durch 10 cm Blei vor Störeinflüssen der Umgebung geschützt war.

Natürlich muß man jetzt schließen, daß, da die Sonne, die ja ein relativ alter Fixstern aus der Klasse der sog. gelben Zwergsterne ist, einen Beitrag zur gesamten Ultrastrahlung liefert, auch alle anderen Fixsterne Ultrastrahlen emittieren. Aus astrophysikalischen Gründen darf man aber annehmen, daß die jüngeren Riesensterne erheblich stärkere Ultrastrahlung liefern. Durch Auffindung der Solarkomponente der Ultrastrahlung wird jedenfalls die von Nernst schon 1921 vertretene Auffassung gefestigt, daß zumindest ein Teil der Ultrastrahlung in den Sternen seinen Ursprung hat. Man kann sich sehr gut vorstellen, daß besonders einer der möglichen Vorgänge, die zur Erklärung der Ultrastrahlung herangezogen worden sind, nämlich die von Jeans betrachtete Umwandlung der Masse eines Protons und eines Elektrons in kurzwellige Strahlung (Wellenlänge 10^{-13} cm) vorzüglich in den heißen Sternen stattfindet, wobei noch zu beachten ist, daß nur die aus der äußersten Sternhülle kommenden Ultrastrahlen uns wirklich erreichen können. Auch die von Nernst sowie auch Swinne geäußerte Hypothese der Herkunft der Ultrastrahlung aus auf der Erde nicht vorkommenden Atomen besonders hoher Ordnungszahl („Transurane") im Weltenraum gewinnt erneutes Interesse.

Wie man sieht, ist die Forschung auf dem Gebiete der kosmischen Ultrastrahlung in letzter Zeit zu sehr bedeutungsvollen neuen Ergebnissen gelangt, deren Tragweite noch nicht einmal ganz abzusehen ist. Vieles freilich ist noch ungeklärt. Es ist zu hoffen, daß das rastlose Bemühen so vieler Forscher bald weitere Rätsel dieser so bedeutsamen Strahlung entschleiert.

[7] B. Rossi, Naturwissensch. Bd. 18, S. 1096 (1930); Z. Phys. Bd. 68, S. 64 (1931).

[8] Millikan u. Cameron, Phys. Rev. Bd. 37, S. 235 u. 252 (1931).

[9] Corlin, Lund Observ. Circular Nr. 1, S. 3 (1931).

[10] V. F. Hess, Naturwissensch. Bd. 18, S. 1094 (1930); Nature 3. I. 1931.

Die Versorgung Norwegens mit elektrischer Arbeit für bürgerliche Zwecke.

Von **Norberg Schulz**, Oslo.

Wie die nunmehr vorliegenden Angaben der Hauptverwaltung des norwegischen Wasserbau- und Elektrizitätswesens über die Elektrizitätsversorgung Norwegens für bürgerliche Zwecke in den Jahren 1928 und 1929[1] zeigen, entwickelt sich die Elektrisierung Norwegens jetzt sehr langsam — man kann wahrscheinlich sagen, daß die Sättigung unter den vorhandenen technischen und wirtschaftlichen Verhältnissen eingetreten ist. Anfangs 1930 wurden etwa 71 % der Bevölkerung dauernd aus den Leitungsnetzen mit elektrischer Arbeit versorgt, u. zw. etwa 1,992 Millionen der Gesamteinwohnerzahl von rd. 2,821 Millionen. Man sieht aus der Zahlentafel, daß die Landbezirke ziemlich stark elektrisiert worden sind.

Zu der genannten Zeit waren etwa 842,8 Mill Kr in den Elektrizitätswerken investiert, wovon etwa 434,6 Mill Kr auf die Stromerzeugungsanlagen und etwa 408,2 auf die Übertragungs- und Verteilungsanlagen entfielen. Mit diesen Kapitalien waren insgesamt 568 000 kW Generatorenleistung ausgebaut, was etwa 760 Kr je installiertes Kilowatt entspricht. Da die Elektrizitätswerke etwa 30 400 kW aus großindustriellen Anlagen bezogen, standen etwa 598 400 kW der bürgerlichen Elektrizitätsversorgung zur Verfügung.

Die Kosten der Elektrizitätswerke betrugen also durchschnittlich etwa 1400 Kr/kW, wobei die der Hausinstallationen und Verbrauchsapparate jedoch nicht berücksichtigt sind. Man schätzt die Kosten letzterer zu rd. 326 Mill Kr, so daß sich mit den Ausgaben für die bezogenen 30 400 kW ein Kapitalaufwand von etwa 2300 Kr je verfügbares Kilowatt Generatorenleistung ergibt.

Die Gesamtsumme der Höchstbelastungen ist Ende 1929 auf etwa 445 000 kW gestiegen. Die meisten Elektrizitätswerke Norwegens messen nicht die Anzahl Kilowattstunden, die in die Verteilungsanlagen geliefert werden, daher ist es nur möglich, die Stromlieferung für bürgerliche Zwecke annähernd zu schätzen. Nach den vorliegenden statistischen Angaben sollte indessen angenommen werden können, daß man mit einem durchschnittlichen Jahresbelastungsfaktor der Gesamtlieferung für bürgerliche Zwecke von etwa 0,6 rechnen kann und infolgedessen im Betriebsjahr 1928/29 bzw. 1929 die bürgerliche Elektrizitätslieferung etwa 2400 Mill kWh betragen hat, was etwa 1200 kWh je angeschlossenen Einwohner entspricht. In den Städten allein wurden etwa 1700 kWh/Einwohner verbraucht und davon etwa 70 % für Licht, Kochen und Wärme in den Haushaltungen.

Die Verwendung der elektrischen Arbeit in den elektrothermischen und elektrochemischen Betrieben ist natürlich wesentlich größer. Auch hier kann man die Gesamtlieferung nur annähernd nach der Gesamthöchstbelastung und dem wahrscheinlichen Jahresbelastungsfaktor schätzen. Es ist jedoch anzunehmen, daß 1928/29 bzw. 1929 etwa 6800 Mill kWh großindustriellen Zwecken gedient haben.

Demnach sind während der genannten Zeit in Norwegen etwa 9200 Mill kWh erzeugt bzw. ausgenutzt worden, was etwa 3200 kWh/Einwohner ausmacht.

In der Zahlentafel findet man auch Angaben über die wirtschaftlichen Betriebsergebnisse der bürgerlichen Energieversorgung. Die Werke in den Landbezirken arbeiteten fortwährend mit Verlust, während die Stadtwerke insgesamt Überschüsse erzielen konnten.

Die ganze bürgerliche Stromversorgung erbrachte im Jahr 1928/29 bzw. 1929 etwa 82,7 Mill Kr, während die Ausgaben insgesamt mit etwa 88,95 Mill Kr zu beziffern sind. Es hat sich also im ganzen ein Verlust von etwa 6,25 Mill Kr ergeben, wenn man Zinsen und Abschreibungen mit in Betracht zieht. Die durchschnittlichen Einnahmen je Kilowattstunde betrugen etwa 0,035 Kr und die mittleren Ausgaben etwa 0,037 Kr. Es ist interessant, der Zahlentafel zu entnehmen, daß die durchschnittlichen Einnahmen je Kilowatt der Gesamthöchstbelastung (d. h. der Summe der einzelnen Höchstbelastungen) sinken. Die Preise, die für Elektrizität in Norwegen berechnet werden und schon heute sehr niedrig sind, werden infolgedessen weiter ermäßigt werden.

[1] Vgl. ETZ 1930, S. 431.

	30. VI. 1926 bzw. 31. XII. 1926	30. VI. 1927 bzw. 31. XII. 1927	30. VI. 1928 bzw. 31. XII. 1928	30. VI. 1929 bzw. 31. XII. 1929
An die Leitungsnetze angeschlossene 1000 Einwohner				
a) In den Landbezirken	1099	1108	1115	1116
b) In den Städten	863	866	870	876
c) Insgesamt	1962	1974	1984	1992
Heimatliche Bevölkerung (in Millionen)	2,789	2,798	2,811	2,821
Der mit Elektrizität versorgte Teil der Bevölkerung (in Prozent der gesamten Bevölkerung)	70,5	71	71	71
Verwendete Kapitalien (in Mill norw. Kr)				
a) Für Kraftanlagen und Leitungsnetze	912,5	934	954,1	1023
b) Als Abschreibungen zurückgezahlt	131,5	151,7	161,7	180,2
c) Buchwert der Anlagen	781	782,3	792,4	842,8
d) „ „ Kraftanlagen	375,8	376,8	398,9	434,6
e) „ „ Leitungsnetze	405,2	405,5	393,5	408,2
Gesamtleistung der Kraftanlagen (in 1000 kW)	445	470	494	568
Davon Wasserkraft	425	450	474	548
„ Dampf-, Diesel- und Ölanlagen	20	20	20	20
Transformatorkapazität der Verteilungsnetze (in 1000 kVA)	663	685	720	755
Durchschn. Ausbaukosten je 1 kW Generatorleistung im Kraftwerk (norw. Kr)	845	805	805	760
Durchschn. Ausbaukosten je 1 kVA Transformatorkapazität an die Verteilungsnetze angeschlossen (norw. Kr)	612	592	545	540
Für die Elektrizitätslieferung zu bürgerlichen Zwecken standen zur Verfügung (1000 kW)	500	515	525	598
Gesamthöchstbelastung (in 1000 kW)				
a) In den Landbezirken	151,2	155,4	161,1	162,2
b) In den Städten	249,7	260,8	269,1	273,0
c) Insgesamt	408,7	423,9	438,5	445,0
Höchstbelastung je Einwohner (in kW)				
a) In den Landbezirken	0,138	0,140	0,144	0,145
b) In den Städten	0,289	0,302	0,309	0,311
c) Insgesamt	0,208	0,215	0,221	0,223
Gesamteinnahmen je Jahr (in Mill norw. Kr)				
a) In den Landbezirken	34,95	35	32,4	31
b) In den Städten	50,9	50,5	51,5	50,8
c) Insgesamt	86,65	86,3	84,9	82,7
Gesamtausgaben je Jahr (in Mill norw. Kr)				
a) In den Landbezirken	44,2	44,05	41,7	38,9
b) In den Städten	50,65	49,25	48,5	49,1
c) Insgesamt	95,65	94,10	90,8	89
Durchschn. Einnahmen je 1 kW der Höchstbelastung (in norw. Kr)				
a) In den Landbezirken	230	225	201	190
b) In den Städten	204	195	191	186
c) Insgesamt	212	205	193	186
Durchschn. Ausgaben je 1 kW der Höchstbelastung (in norw. Kr)				
a) In den Landbezirken	282	285	258	241
b) In den Städten	202	188	180	180
c) Insgesamt	234	223	206	198
Zahl der Verwaltungen	372	372	373	374
Durchschn. Einwohnerzahl je Verwaltung	5300	5350	5380	5350

RUNDSCHAU.

Leitungen.

Kabelschnellverleger. — Eine Kabelschelle, die für jeden Kabeldurchmesser aus dem gleichen Material serienmäßig hergestellt und gebrauchsfertig geliefert wird, so daß das Gangbarmachen, Vorhalten, Suchen oder Lösen von Schrauben und Muttern auf der Baustelle in Fortfall kommt, wird von der Kabelschnellverleger G. m. b. H., Berlin, auf den Markt gebracht. Die Schelle (Abb. 1) wird mit eingelegtem Kabel über ein ortsfestes handelsübliches Profileisen 30 × 30 oder 40 × 40 mm gehängt und dann das Kabel durch die unten befindliche Stellschraube festgeklemmt. Da bei der Verlegung mehrerer Kabel die Schellen direkt

Abb. 1. Kabelschnellverleger mit horizontal verlegtem Kabel.

Abb. 2. Kabelschnellverleger für senkrechte Verlegung.

nebeneinander gehängt werden, wird viel Raum gespart. Außerdem wird ein nachträgliches Ausrichten entbehrlich und eine Auswechslung jederzeit möglich. Die Kabel können nicht nur horizontal sondern auch vertikal gelegt werden (Abb. 2). Bei beschränktem Platz kann man anstatt Winkeleisen auch U-Eisen 50×38 mm als ortsfesten Träger verwenden und dann die Schelle im Wechsel einmal auf den rechten, dann auf den linken Flansch auflegen

Abb. 3. Kabelschnellverleger auf U-Eisen.

(Abb. 3). Dadurch ergibt sich ein Abstand zwischen zwei benachbarten Kabeln von nur 3 mm. Für die Demontage ist kein Sonderwerkzeug nötig; es genügt normaler Schraubenzieher oder Mutterschlüssel. Bei Verlegung von parallelgeführten größeren Kabelmengen beträgt die Ersparnis an Eisenkonstruktion durch den Fortfall der Kabelbrücken, Wannen oder Roste rd. 70 %. *Ka.*

Apparate.

Verluste von Kondensatoren bei sehr schnellen elektrischen Schwingungen[1]. — Es wurden die Verluste von Drehkondensatoren in flüssigen Dielektriken bei Wellenlängen von 160 bis 3 m und verschiedenen Temperaturen gemessen und versucht, aus den Ergebnissen die Größe der Verlustwinkel und ihre Abhängigkeit von Frequenz und Temperatur zu bestimmen. Bei einigen Ölen ließen sich bis zu den höchsten benutzten Frequenzen die Verlustwinkel nach einer Substitutionsmethode messen, da die Verluste dieser Stoffe groß waren und deshalb die auftretenden Fehler prozentual von geringem Einfluß blieben. Es zeigte sich, daß die Verlustwinkel der untersuchten Öle (Leinöl, Terpentinöl, Paraffinöl u. a.) mit wachsender Temperatur bei fester Wellenlänge innerhalb des vorliegenden Frequenzgebiets stark abnehmen, ferner, daß etwa bei $2 \cdot 10^7$ Hz eine Stelle maximalen Verlustwinkels liegt, konstante Temperatur vorausgesetzt.

Bei Stoffen mit sehr geringen elektrischen Verlusten (Benzol, Äther, Hexan, Xylol u. a.) ließ sich der Verlustwinkel bei sehr hohen Frequenzen mit der einfachen Substitutionsmethode nicht mehr einwandfrei bestimmen; doch kann man aus den Messungen entnehmen, daß eine starke Frequenz- und Temperaturabhängigkeit des Verlustwinkels dieser Stoffe nicht vorhanden ist, denn ihre Substitutionswiderstände waren stets von gleicher Größenordnung wie die Widerstandsänderungen der benutzten Luft-Drehkondensatoren bei Kapazitätsänderungen oder wie die Einflüsse des flüssigen Dielektrikums auf den Strahlungswiderstand der Kondensatoren. Dieser Einfluß konnte so stark werden, daß ein Drehkondensator in einer fast verlustfreien Flüssigkeit einen geringeren Dämpfungswiderstand hatte als in Luft bei gleicher Kapazität. Die gemessene Verlustwinkeldifferenz der Flüssigkeit erschien hier negativ.

Um die oben erwähnten Meßschwierigkeiten zu vermeiden, wurde ferner versucht, den Verlust der gleichen Dielektrika kalorimetrisch zu messen und die Resultate mit den Verlustwinkelmessungen zu vergleichen. Auf Grund der Messungen läßt sich sagen, daß der Verlauf der Frequenzabhängigkeit des Verlustwinkels kalorimetrisch leicht festzustellen ist. Im vorliegenden Falle wurde zwar eine vollständige Übereinstimmung der Werte nicht erreicht, doch ist die Annahme berechtigt, daß ein gut ausgearbeitetes kalorimetrisches Meßverfahren zum Vergleich der Verluste von Isolierstoffen bei sehr schnellen elektrischen Schwingungen genauere Ergebnisse liefert als die üblichen Substitutionsmethoden, da die einfachere Meßanordnung zu weit weniger Fehlern Anlaß gibt. (E. Darmstaedter, Arch. El. Bd. 6, H. 6, S. 701.)

[1] E. Darmstaedter, Dissertation, Universität Jena 1929.

Meßgeräte und Meßverfahren.

Einfaches Verfahren zur experimentellen Analyse von Wechselstromkurven. — Die zahlreichen Verfahren zur Bestimmung der Oberwellen in Wechselstromkurven werden durch ein neues ergänzt, das den Vorteil bietet, schnell, bequem und verhältnismäßig sehr genau die eine oder andere Oberschwingung experimentell ermitteln zu können, ohne daß es notwendig wird, die Kurvenform zu oszillographieren. Das Prinzip besteht darin, der zu untersuchenden Spannungswelle eine andere Spannung von nahezu gleicher Frequenz zu überlagern, so daß die resultierende Spannung langsame Schwebungen von einer Dauer bis zu mehreren Sekunden erzeugt. Die Anzeige eines den Effektivwert erfassenden Spannungsmessers pendelt demgemäß zwischen zwei Grenzwerten U_{max} und U_{min} hin und her, aus denen sich, sobald der Effektivwert U_f der überlagerten Spannung bekannt ist, die gesuchte Amplitude $a_x = \frac{U^2_{max} - U^2_{min}}{4\, U_f}$ errechnen läßt.

Die Anordnung (Abb. 4) hat große Ähnlichkeit mit der seinerzeit von Boucherot[1] im Zusammenhang mit der von Legros[2] vorgeschlagenen Definition des De-

1 Antrieb des Hilfsgenerators (in weiten Grenzen regelbar) 2 Hilfsgenerator 3 zu untersuchende Maschine

Abb. 4.

formationskoeffizienten angegebenen Methode eines Hilfsgenerators (Abb. 5), der gleichfalls mit der hinsichtlich der Spannungsform zu untersuchenden Maschine in Reihe geschaltet ist[3]. Es besteht jedoch insofern ein Unterschied, als dort die Hilfspannung von absolut gleicher Frequenz sein muß und zur Kompensierung der Grundwelle nach Größe und Richtung genau einzustellen ist, ein Umstand, der eine Spezialmaschine mit drehbarem Ständer voraussetzt. Außerdem dürfte es experimentell ziemlich schwer sein, an dem Minimum des Voltmeterausschlages den Zustand vollständiger Kompensation genau zu erfassen.

[1] Rev. Gén. de l'El. Bd. 17, S. 44 (1925).
[2] Bull. Soc. Franç. des El. Bd. 4, S. 915 (1924).
[3] Vgl. ETZ 1927, S. 1322.

Diese Nachteile vermeidet das vorgeschlagene Verfahren. Da es infolge des geringen Frequenzunterschiedes auf die Phasenlage der beiden Spannungen nicht ankommt und im Laufe der Zeit ohnedies sämtliche Phasenverschiebungen durchlaufen werden, so ist eine verdrehbare Maschine entbehrlich. Außerdem braucht auch die Hilfspannung nicht absolut gleich der zu untersuchenden Spannung sein, ja es ist sogar, wie sich an Hand der obigen Gleichung nachweisen läßt, vorteilhaft, wenn die beiden Spannungen verschieden sind, denn dann wird die Differenz der Ausschläge $\Delta U = U_{max} - U_{min}$ größer und damit genauer ablesbar.

Das vorgeschlagene Verfahren hat auch für die in § 14 der R. E. M./1930 angegebene Methode zur rechnerischen Bestimmung des Scheitelwertes der Grundwelle eine gewisse Bedeutung. Die dort mitgeteilte Formel

$$S = \frac{\alpha_0 + \sqrt{3}\,\alpha_1 + \alpha_2}{3}$$

ergibt kein absolut genaues Resultat, da in dem erhaltenen Wert für den Scheitelwert der Grundwelle bekanntlich noch die 11. und 13., die 23. und 25., die 35. und 37. usw. Oberwelle enthalten sind. Sie lassen sich nur durch Verfeinerung der Teilung, d. h. Vermehrung der für die Bestimmung des Scheitelwertes benutzten Ordinaten eliminieren. Der Vorteil des vorgeschlagenen Verfahrens gegenüber dieser Methode liegt darin, daß es rein experimentell nicht nur den genauen Scheitelwert der Grundwelle sondern auch den einer beliebigen Oberwelle zu bestimmen gestattet und von der Anfertigung eines Oszillogramms unabhängig macht. In der Praxis wird allerdings das Verfahren auf Oberwellen von verhältnismäßig niedriger Ordnungszahl beschränkt bleiben müssen, da, selbst wenn polumschaltbare Hilfsgeneratoren zur Verwendung gelangen, kaum die Erreichung allzu hoher Frequenzen möglich sein dürfte.

1 Hilfsgenerator
2 zu untersuchende Maschine

Abb. 5.

Selbstverständlich gestattet das Verfahren auch die Aufnahme von Stromkurven, indem der zu untersuchende Strom durch einen Ohmschen Widerstand, der zur Vermeidung von Frequenzabhängigkeit ohne Nebenkoeffizienten sein muß, geschickt wird und der an diesem auftretende Spannungsabfall nach der für die Spannungsuntersuchung geltenden Methode behandelt wird. Die Verfasser geben eine kurze Theorie der Methode, besprechen ihre Fehlerquellen und vergleichen die Meßergebnisse mit den durch die Rechenmethode von B e s s e l und R u n g e sowie mittels des mechanischen Analysators von H e n r i c i - C o r a d i erhaltenen Werten. (Th. L a i b l e u. E. B i n d l e r, Bull. SEV Bd. 21, S. 365.) *Hmr.*

Beleuchtung.

Die Erzeugung farbigen Lichtes unter Verwendung von Wolframlampen. — Um von einer Lampe farbiges Licht zu erhalten, müssen die nicht gewünschten Farben herausgefiltert werden. Zahlentafel 1 gibt eine Übersicht über den prozentualen Anteil der Lichtausstrahlung in verschiedenen Spektralbereichen für Glühlampen verschiedener Stärke, also die theoretisch zu erreichende maximale Wirkung, die bei der Erzeugung farbigen Lichtes mit Hilfe von Filtern sich erzielen läßt. Folgende Spektralbereiche sind dabei ausgewählt: violett und blau λ 4000 ... 4950; grün λ 4950 ... 5650; gelb λ 5650 ... 5950; orange und rot λ 5950 ... 7200.

Z a h l e n t a f e l 1.

Lampensorte Watt	Hefnerlumen/Watt	% des Gesamtlichtstromes			
		violett und blau	grün	gelb	orange und rot
10	8,5	1,7	37	27,8	33,5
15	9,8	1,8	37,5	27,7	33
25	10,8	1,85	38	27,5	32,5
40	11,7	1,9	38	27,5	32,5
50	12,3	2,2	40	27	30
60	13,1	2,25	40	27	30
100	15,5	2,3	40,5	27	29,5
200	18,0	2,5	41	27	28,5
500	22,6	2,6	42	26,6	28
1000	23,6	2,7	42	26,5	28

Die Durchlässigkeitsfaktoren handelsüblicher farbiger Filter ergeben sich für das Licht einer gasgefüllten 150 W-Wolframlampe aus Zahlentafel 2.

Z a h l e n t a f e l 2.

Farbe	angenäherter Durchlässigkeitsfaktor	
	mittlere Reinheit %	sehr rein %
blau	3 ... 5	0,5 ... 1,5
gelb-grün	10 ... 16	3 ... 8
gelb	50 ... 65	30 ... 40
rot	10 ... 20	3 ... 8

(A. H. T a y l o r, The Magazine of Light, Jan. 1931; Ref.: Transact. Ill. Engg. Soc. Bd. 26, S. 197.) *F. Bn.*

Installation.

Kandem-Sperrkupplung. — Die in Abb. 6 dargestellte Seilentlastungs-Sperrkupplung der Firma Körting & Mathiesen A. G., Leipzig, ist für Leuchten bis etwa 13 kg bestimmt, wobei Drahtseile bis zu 4 mm Verwendung finden können. Sie ist belastbar bis etwa 20 A. Der Oberteil besteht aus einem Gußeisen-Hohlkörper, in dessen Innerem ein Porzellankörper mit den Kontakthülsen und Anschlußklemmen angebracht ist (Abb. 6). Mit der Sperrkupplung

Abb. 6. Kandem-Sperrkupplung.

wird die herablaßbare Leuchte durch eine Art Steckkontakt an die festverlegte Zuleitung angeschlossen. Außerdem wird durch das Einkuppeln eine Seilentlastung bewirkt. Im herablaßbaren Unterteil gleitet ein Kulissenschieber, der mit einer eigenartigen Kurvenführung versehen ist (Abb. 2). In dieser Kurve wird ein am Oberteil befestigter Tragstift geführt. Beim Hochziehen des Unterteils trifft der Tragstift T zunächst auf die schräge Fläche F_1 und schiebt den Kulissenschieber nach links. Dann bahnt sich der Tragstift durch Zurseitedrücken der Feder S_1 seinen Weg bis zu einem Anschlag A_1, rückt aber dadurch den Kulissenschieber wieder ein Stück nach rechts. Wird jetzt das Seil nachgelassen, so hängt sich der Tragstift, indem der Kulissenschieber an der schrägen Fläche F_2 weiter nach rechts abgleitet, am Anschlag A_2 fest. Jetzt ist das Seil entlastet. Wird der Unterteil ein zweites Mal hochgezogen, so trifft der Tragstift auf die schräge Fläche F_3, wodurch der Kulissenschieber ein Stück nach rechts gerückt wird. Unter Überwindung des Druckes der Feder S_2 gleitet der Tragstift bis zum Anschlag A_3. Jetzt ist das Unterteil entkuppelt und kann herabgelassen werden, da ja nun der Tragstift durch den Kanal K aus der Kurve herausgleitet, wobei der Kulissenschieber durch die schräge Fläche F_4 wieder nach links geschoben und in die Anfangsstellung gebracht wird. (Kandem-Monatschrift 1931, S. 5.) *Ka.*

Abb. 7. Kurvenführung der Sperrkupplung.

Bahnen und Fahrzeuge.

Die elektrischen Eisenbahnen der Welt. — Im Statistischen Bericht 1930 des Zentralverbandes der deutschen elektrotechnischen Industrie werden Ziffern über die Streckenlänge der elektrischen Eisenbahnen in den wichtigsten Ländern zusammengestellt, die den Jahres-

berichten der Eisenbahnverwaltungen, in der Hauptsache aber den Veröffentlichungen des 1926 eingesetzten amerikanischen „Electrification of Steam Railroads Committee“ entnommen sind. Die Länge der elektrisierten Strecken ist am größten in den V. S. Amerika; die 3003 km mit elektrischem Zugbetrieb entsprechen jedoch nur 0,8 % des Gesamtnetzes. In Europa ist die Elektrisierung der Eisenbahnen am weitesten vorgeschritten in den Ländern mit reichen Wasserkräften. Während im europäischen Gesamtdurchschnitt der Anteil der elektrisierten Strecken an dem gesamten Eisenbahnnetz sich auf 2,7 % beziffert, sind in der Schweiz 41,1 % (2335 km), in Österreich 10,2 %, in Italien 8,1 %, in Schweden 7,2 %, in Norwegen 5,1 % des Gesamtnetzes elektrisch betrieben. In Deutschland waren Anfang 1929 1515 km oder 2,8 % des Eisenbahnnetzes überhaupt in elektrischem Zugbetrieb; dem Geschäftsbericht der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft ist zu entnehmen, daß diese Ziffern Anfang 1930 sich auf 1558 km oder 2,9 % beliefen gegen 616 km Anfang 1924 und 165 km Anfang 1913.

An den in der Zahlentafel mitgeteilten Längen der elektrisierten Strecken sind Stadt- und Vorortbahnen beteiligt: in Großbritannien mit 639 km, Deutschland mit 225 km, Italien mit 122,5 km, Frankreich mit 63 km, V. S. Amerika 250 km, Argentinien 97 km, Australien 366 km, Indien 107 km und Japan 105 km.

Elektrische Eisenbahnen der Welt (Anfang 1929).

Erdteile und Länder	Länge der elektrisierten Strecken in km	in Prozent des Gesamtnetzes	Einrichtung des ersten elektrischen Zugbetriebes
Europa:			
Deutschland	1 515,00	2,8	1903
Frankreich	1 197,10	2,2	1900
Großbritannien	742,94	1,9	1903
Italien	1 709,71	8,1	1901
Niederlande	134,98	3,7	1908
Norwegen	183,94	5,1	1908
Österreich	713,33	10,2	1907
UdSSR	52,00	—	1929
Schweden	1 167,92	7,2	1908
Schweiz	2 335,00	41,1	1894
Spanien	274,01	1,7	1924
Tschechoslowakei	49,07	0,3	1903
Ungarn	15,29	0,2	1924
Europa insgesamt	10 090,29	2,7	—
Afrika:			
Südafrika	318,02	1,7	1926
Marokko	254,96	17,9	1927
Amerika:			
Canada	64,15	0,1	1908
V. S. Amerika	3 002,84	0,8	1895
Argentinien	97,42	0,3	1916
Bolivien	8,50	0,4	1905
Brasilien	360,26	1,2	1921
Chile	358,08	2,9	1916
Cuba	250,44	4,2	1920
Mexiko	126,97	0,5	1925
Venezuela	36,49	3,4	1928
Asien:			
China	40,23	0,3	1914
Indien	107,00	0,2	1925
Japan	346,71	1,5	1904
Niederländisch-Ostindien	39,98	0.7	1925
Australien	366,02	0,9	1919
Neuseeland	23,70	0,5	1924
Im ganzen	15 892,06	1,3	—

(Statistischer Bericht 1930 des Zentralverbandes der Deutschen elektrotechnischen Industrie.) Dr. *Al.*

Bergbau und Hütte.

Das selbsttätige Verzinken und Emaillieren von Röhren für elektrische Leitungen. — Angesichts des ständigen Bedarfes an außen verzinkten und innen emaillierten Röhren aus Eisen und Stahl in der elektrischen Industrie für Lichtstrom- und Kraftstromleitungen hat die Republic Steel Corporation auf ihrem Werk in Warren (Ohio) eine Fließarbeitsanlage errichtet, in der alle Arbeitsvorgänge, nämlich das Reinigen, Ausspülen, Beizen, Verzinken, Emaillieren und Einbrennen des Email in fortlaufendem Fluß erfolgt. Zum Überwachen von 17 Arbeitsvorgängen auf dieser Großanlage ist nur ein Mann erforderlich. Die Anlage ist 63 m lang und 4,5 m breit. Ihre Leistungsfähigkeit in der Minute beträgt 10 Röhrenlängen oder etwa 30 m, im Jahre etwa 13 Mill m. Die Röhrendurchmesser sind 12,7 mm, 19 mm und 25,4 mm. Das Verzinken erfolgt elektrolytisch, u. zw. faßt der Elekrolysierbehälter 43 000 l Zinksulfat. Nach dem Verzinken kommen die Röhren in einen Trockenraum und von diesem zur Emaillieranlage, wo 5 Röhrenlängen gleichzeitig behandelt werden. Das Emaillieren wird so vorgenommen, daß die Röhren um ihre Achse bewegt werden, und daß von innen dann die Emailmasse aufgespritzt wird. Im Brennofen zum Einbrennen des Email laufen 3 Förderbänder parallel nebeneinander her; durch Ventilatoren wird hier Warmluft ständig um und durch die Röhren geblasen. Die Bewegung der Röhren durch die verschiedenen Spül- und Beizbäder geschieht durch Schienen oder Träger, die im Elektrolysierbad aus Kupfer sind. (The Iron Age Bd. 127, S. 791 u. 840.) *Kp.*

Elektrische Antriebe.

Neuzeitliche Motorantriebe in Gummi-Walzwerken. — Die Verarbeitung des Rohgummis bis zum Fertigfabrikat bedingt verschiedene Walzvorgänge, in denen der Rohgummi zerkleinert, gewaschen, geknetet, gemischt und verfeinert wird. Sämtliche vorerwähnten Arbeitsvorgänge bringen eine sehr schwankende, stoßweise Belastung mit hohen Belastungsspitzen mit sich. Der Antriebsmotor muß daher nach C. E. Buchon folgende charakteristische Eigenschaften aufweisen: hohes Anzugsmoment zur Beschleunigung der Last, große, stoßweise Überlastbarkeit und die Möglichkeit schneller Stillsetzung in Fällen der Gefahr.

Diese Bedingungen wurden früher durch die Verwendung von Asynchronmotoren mit Rutschkupplung und kräftiger mechanischer Bremse erreicht. Die Entwicklung neuzeitlicher Synchronmotoren, die in der Lage sind, hohe Spitzenbelastungen zu überwinden, haben jedoch die Verwendung dieser Motortypen, insbesondere wegen ihres hohen Leistungsfaktors und guten Wirkungsgrades, mehr und mehr in den Vordergrund gerückt. Zuerst verwendete man Synchronmotoren mit hoher Drehzahl, welche die Gummiwalzwerke mittels Rutschkupplung und über Zahnradvorgelege antrieben. Ein weiterer Schritt war die Ausschaltung der Rutschkupplungen durch Entwicklung von Synchronmotoren mit hohem Anlaufmoment und schließlich auch noch die Erübrigung der Zahnradvorgelege durch Verwendung langsam laufender direkt gekuppelter Synchronmotoren. Diese Motoren laufen in der Regel mit 80 ... 133 U/min. Dieser Fortschritt wurde dadurch erzielt, daß man Synchronmotoren mit Asynchronmotor-Anlaufcharakteristik entwarf. Die Motoren wurden zu diesem Zweck mit in die Polschuhe gelegten Dämpferwicklungen gebaut, wodurch sie in der Lage sind, als ziemlich gute Asynchronmotoren anzulaufen und auch längere Zeit unter Vollast zu laufen. Die Feldwicklung wird beim Anlauf über einen Widerstand kurzgeschlossen und erst bei Erreichung der höchsten asynchronen Drehzahl an die Gleichstromspannung gelegt, worauf der Motor in Synchronismus läuft.

Die Stillsetzung im Gefahrenfalle erfolgt entweder durch dynamische Abbremsung, indem der Motor vom Netz abgeschaltet und kurzgeschlossen wird, oder durch Gegenstrombremsung. Beide Arten bewirken eine sehr rasche Stillsetzung. Die Gegenstrombremsung ist einfacher und kann mit denselben selbsttätigen Schaltern bewirkt werden, die zum Reversieren notwendig sind.

Da bei den einzelnen Arbeitsvorgängen in einem Gummiwalzwerk die Belastung in sehr weiten Grenzen schwankt — es kommen Belastungspitzen von 300 ... 400 % der Normallast vor —, arbeitet man in der Regel über eine Transmission, mit der ein Synchronmotor mit meist 90 U/min direkt gekuppelt wird. Die an eine Transmission angeschlossenen Walzen werden gemäß ihren Belastungscharakteristiken so zusammengestellt, daß ein möglichst guter Lastausgleich erzielt wird.

Der Einschaltstrom der Motoren bei direktem Einschalten auf volle Spannung schwankt zwischen dem 4,5- und 6,5-fachen Normalstrom, je nach dem augenblicklich erforderlichen Anlaufmoment. Bei der heutigen Kraftwerksleistung mittlerer und großer Gummiwalzwerke sind diese Stromstöße meist zulässig.

Die langsam laufenden direkt gekuppelten Motoren sind zwar teurer in der Anschaffung als Motoren mit Zahnradvorgelege, aber die größere Einfachheit und somit Sicherheit des Betriebes und der höhere Wirkungsgrad lassen dem langsam laufenden Synchronmotor trotzdem den Vorzug geben. Selbsttätige Steuerung der Synchronmotoren in Gummiwalzwerken bietet wesentliche Vorteile, die meisten Antriebe werden daher heutzutage hiermit ausgerüstet.

Die Arbeitsweise der selbsttätigen Steuerung besteht darin, den Motor ein- und auszuschalten und das Feld im richtigen Augenblick an die Gleichstromspannung anzuschließen, damit der Motor in Synchronismus läuft. Weiter bietet die Steuerung gleichzeitig Schutz gegen Überlastung. Beim Anlauf wird in der Feldwicklung eine Frequenz induziert, die bei Stillstand gleich der Netzfrequenz und bei Synchronismus Null ist. Diese Frequenz, die also genau proportional der Motorumdrehungszahl ist, wird dazu be-

nutzt, ein empfindliches Frequenzrelais zu betätigen, das bei höchster asynchroner Umdrehungszahl abfällt und den Anschluß des Feldes an die Gleichstromspannung bewirkt. Ein zu frühes Einschalten kann nicht erfolgen, da das Relais weder vom Belastungstrom noch von der Anlaufzeit beeinflußt wird.

Im Falle übermäßiger Belastungstöße oder momentanen Ausbleibens der Spannung, wodurch der Motor aus dem Synchronismus fällt, schaltet das Relais sofort die Gleichstromerregung ab, wodurch der Motor die aufgetretene Betriebschwierigkeit als Asynchronmotor überwindet und dann selbsttätig wieder in Synchronismus läuft. (C. E. Buchon, El. World Bd. 96, S. 118.) *de W.*

Physik und theoretische Elektrotechnik.

Luftdurchschlag und Überschlag mit Wechselspannung von 50 und 100 000 Hz. — Zur Untersuchung der elektrischen Festigkeit bei ungedämpfter hochfrequenter Hochspannung, die bisher wenig geklärt ist, wurden die Luftdurchschlagspannungen zwischen Kugeln (15, 10, 5, 2,5 und 1 cm Dmr.) und zwischen Plattenelektroden gemessen. Es zeigt sich, daß die Durchschlagspannungen bei kleinen Elektrodenabständen (bis etwa 5 mm) bei Nieder- und Hochfrequenz übereinstimmen. Bei größer werdenden Elektrodenabständen sinkt die Durchschlagspannung bei Hochfrequenz mehr und mehr. Zwischen scharfkantigen Elektroden liegen die Durchschlagspannungen bei Hochfrequenz sehr erheblich niedriger. Zwischen Messingrohren von 0,5 mm Wandstärke und 50 mm lichtem Durchmesser beträgt z. B. die Hochfrequenz-Durchschlagspannung bei 12 cm Elektrodenabstand 45 kV_{max}; das sind 35 % des Wertes der Durchschlagspannung bei 50 Hz (130 kV_{max}) Fast ebenso niedrige Werte ergeben sich bei der Elektrodenanordnung Spitze—Platte. Wie zahlreiche photographische Aufnahmen zeigen, gehen bei scharfkantigen Elektroden dem Durchschlag Glimm- und Büschelentladungen voraus, die gegenüber den Vorentladungen bei 50 Hz außerordentlich intensiv und lichtstark sind. Es wurden ferner Überschlagversuche an verschiedenen Isolierstoffen zwischen Platten, scharfkantigen und wulstförmigen Elektroden vorgenommen. Fast alle Überschlagspannungen bei Hoch- und Niederfrequenz liegen unter den Luftdurchschlagspannungen zwischen denselben Elektroden. Bei sorgfältigster Beobachtung im vollkommen verdunkelten Raum wurden auch bei Überschlägen im homogenen Feld Vorentladungen vor dem Überschlag entdeckt. Bei Versuchskörpern, an denen vor dem Überschlag keine Vorentladungen auftreten, liegen die Überschlagspannungen bei Hoch- und Niederfrequenz gleich oder annähernd gleich hoch wie die Luftdurchschlagspannungen zwischen denselben Elektroden. Die Höhe der Frequenz von etwa 70, 100 oder $110 \cdot 10^3$ Hz hat keinen Einfluß auf die Durch- oder Überschlagspannung. Die Auswertung der Versuche zeigt, daß für beide Spannungsarten die gleichen Gesetze gelten.

Die Hochfrequenzspannung wurde mit zwei parallel geschalteten Röhrensendern von je 1,5 kW erzeugt und in einem Lufttransformator auf etwa 60 kV_{eff} erhöht. Aufnahmen mit dem Kathodenoszillographen zeigen die reine Sinusform der Hochfrequenzspannung. Eine Reihe von weiteren Aufnahmen zeigt die Rückwirkungen der Glimm-, Büschel-, Funken- und Lichtbogenentladungen zwischen Elektroden auf den Sekundär- und Primärkreis des Lufttransformators. Die Messung der Hochfrequenzspannung erfolgte mit einem elektrostatischen Spannungsmesser (10 kV); bei höherer Spannung wurde hierzu eine kapazitive Spannungsteilung benutzt. (J. Kampschulte, Arch. El. Bd. 24, H. 4, S. 525.)

Allgemeiner Maschinenbau.

Rotierender Rauchgasvorwärmer. — Der in der ETZ 1931, S. 638, auf Grund einer Veröffentlichung der amerikanischen Zeitschrift Power beschriebene Rauchgasvorwärmer ist, wie wir nachträglich erfahren, nicht eine amerikanische, sondern eine österreichische Erfindung der Maschinenfabrik Ing. Hans Simmon, Wien-Reichenberg. Vorzugsweise dient der Apparat unter dem Namen „Simmons Patent-Wärmezug" zur Vorwärmung des Speisewassers auf sehr hohe Temperaturen. Die Lizenz für die Ausführung dieser Erfindung besitzt die Maschinenfabrik Ph. Nebrich vorm. Reinicke & Jasper G. m. b. H., Köthen i. Anh., sowohl für Deutschland als auch für Holland und Schweden. *fi*

Werkstatt und Baustoffe.

Elektroschleifmaschinen. — Zum Gußputzen verwendet man neuerdings Elektroschleifmaschinen, die von der Badischen Maschinenfabrik, Durlach, in mehreren Ausführungen auf den Markt gebracht werden. Das in Abb. 8 dargestellte Modell ESD der Elektro-Doppelschleifmaschine, das zur Bearbeitung k l e i n e r e r Gußstücke dient, wird in zwei Größen ausgeführt. Der normale Schleifscheibendurchmesser beträgt 350 mm bei 40 mm Breite und 600 mm bei 60 mm Breite. Bei Verwendung von anderen Scheibendurchmessern geht man nicht über diese Abmessungen hinaus. Der Antriebmotor, der auf beiden Seiten des Rotors Wellenansätze hat, sitzt zwischen den Schleifscheiben und ist mit deren Treibachsen durch elastische Kupplungen verbunden. Die minutliche Umdrehungszahl des Motors bei dem Modell ESD beträgt 1500 ... 1600, der Kraftbedarf ist 2 PS. Bei Modell ESD 2 ist die minutliche Umdrehungszahl 900 ... 950 bei 3 PS Kraftbedarf. Ist als Stromart Gleichstrom vorhanden, so wird der Motor mit Veränderlichkeit der Umdrehungszahl ausgeführt, dieselbe kann dann dem kleiner werdenden Schleifscheibendurchmesser entsprechend vergrößert werden. Die Zubehörteile zum Motor, wie Anlasser, Hebelausschalter und Sicherungen, sind am Maschinengestell an geeigneter Stelle angebaut, so daß für die Inbetriebnahme der Schleifmaschinen nur noch Leitungsanschlüsse vorzusehen sind.

Abb. 8. Elektro-Doppelschleifmaschine.

Außer den bisher beschriebenen Ausführungen werden in tragbarer Anordnung auch Handschleifmaschinen mit biegsamer Welle ausgeführt. Diese Maschinen sind besonders zum Abschleifen der Gußnähte, Grate, überhaupt der Unebenheiten auch an g r ö ß e r e n Gußstücken wie Bohrtischen verwendbar, so daß die Arbeit des Abfeilens, wie das früher üblich war, erspart wird. Die Maschine ist mit einem Elektromotor durch eine biegsame Welle mit Schutzhülle verbunden. Der Schleifapparat besteht aus Schleifscheibe und Schutzhaube.

Außer diesen bisher genannten Apparaten wäre noch die hängende Schleifmaschine zu erwähnen. Diese Konstruktionsart eignet sich vorteilhaft zum Abschleifen großer Stücke, überhaupt solcher Teile, die nicht von Hand an die Schleifmaschine gebracht werden können. Man kehrt das Arbeitsverfahren um und geht mit der fahrbaren Schleifscheibe an das ruhende Werkstück heran. Die Schleifmaschine ist nach allen Richtungen hin drehbar, und alle Unterstützungs- und Aufhängepunkte sind als Gelenke ausgebildet. Die Schleifscheibe macht bei einem Durchmesser von 350 mm rd. 1600 U/min. *Hgr.*

Verschiedenes.

Die Hundertjahrfeier der Technischen Hochschule Hannover. — Die Feier fand unter außerordentlich starker Beteiligung ehemaliger Studierender und ihrer Angehörigen in der Zeit vom 14. bis 16. Juni statt, wobei man der ungünstigen Wirtschaftslage Rechnung tragend, größere Festlichkeiten vermieden hatte. Die Veranstaltungen wurden am Sonntagvormittag durch eine im Lichthofe der Technischen Hochschule abgehaltene Gefallenenehrung eingeleitet, nach deren Abschluß im Provinzial-Museum eine Ausstellung „Hundert Jahre Bauen in Hannover" eröffnet wurde. Für den Abend war eine Begrüßung der Teilnehmer im Stadthallengarten, in dem auch der Fackelzug der Studierenden sein Ende fand, angesetzt. An dem Festakt, der Montag, den 15. Juni, vor-

mittags 11h, in der Stadthalle stattfand, nahmen etwa 4000 Personen teil, so daß der Kuppelsaal bis auf den letzten Platz gefüllt war. Neben Vertretern der Regierungen Preußens und des Reiches sah man solche der Provinzialverwaltung, der Stadtverwaltung, der wissenschaftlichen Akademien, der Industrie- und Handelskammer, der Hochschulgemeinschaft und einer großen Zahl wissenschaftlicher Vereine. Von ausländischen Regierungen beglückwünschten die Jubilarin diejenigen von Spanien, Norwegen und Schweden. Weiter hatten besondere Deputationen ehemaliger Studierender aus Bulgarien, Norwegen, Schweden, Österreich und der Schweiz ihrer Dankbarkeit durch Überreichung von Adressen Ausdruck gegeben. Eine besondere Freude war es aber, daß nicht nur von allen Universitäten, Technischen Hochschulen, Bergakademien usw. Deutschlands, sondern von einer großen Zahl gleicher Anstalten benachbarter Länder, wie Österreich, Holland, Schweden, Norwegen, Dänemark, Schweiz, Tschechoslowakei die Rektoren an der Feier teilnahmen.

Nach einer Reihe von Begrüßungsansprachen verkündete der jetzige Rektor der Technischen Hochschule Hannover, Professor Dr.-Ing. Blum, daß von Rektor und Senat beschlossen sei, die Würde eines Dr.-Ing. E. h. zu verleihen an die Herren: Dr. Friedrich Bergius, Heidelberg, Professor Dr. Hans Stille, Göttingen, Regierungsbaumeister a. D. Hans Hertlein, Berlin-Charlottenburg, Oberbaudirektor Heinrich Tillmann, Bremen, Direktor Hermann Reyß, Berlin, Direktor Otto Hermann Hartmann, Kassel-Wilhelmshöhe, Direktor Max Ott, Hannover, Generaldirektor Fritz Weißleder, Berlin-Lichterfelde, und Generaldirektor Richard Platz, Hannover. Weiter wurden drei Herren zu Ehrensenatoren und 14 Herren zu Ehrenbürgern ernannt, unter denen sich aus der Elektrotechnik Herr Generaldirektor Dr.-Ing. E. h. Bannwarth, Hamburg, befand.

Von einigen der anwesenden Rektoren anderer Hochschulen und Universitäten wurde bekanntgegeben, daß die Würde eines Dr.-Ing. Ehrenhalber verliehen worden sei an die Herren Geheimrat Professor L. Klein seitens der Technischen Hochschule Darmstadt, Professor Dr.-Ing. Blum seitens der Technischen Hochschule Karlsruhe und Professor O. Franzius seitens der Technischen Hochschule Braunschweig und die Würde eines Dr. phil. h. c. an Herrn Professor Dr.-Ing. Hölscher seitens der Universität Göttingen.

Der preußische Minister für Wissenschaft, Kunst und Volksbildung ernannte die Herren Professor Dr. Danckwortt und Oberbibliothekar Dr. Trommsdorff zu Honorarprofessoren sowie Herrn Privatdozenten Dr. Seilkopf zum außerordentlichen Professor. Ferner erhielt Herr Dipl.-Ing. Fr. Frölich, Berlin, einen Lehrauftrag über die „Beziehungen zwischen dem selbständigen Vertrieb und der Herstellerfirma“.

Seitens einer großen Anzahl von Universitäten und Hochschulen wurden Adressen und Erinnerungsgeschenke überreicht. An Stiftungen erhielt die Technische Hochschule aus dem niedersächsischen Wirtschaftsgebiet, von der Hannoverschen Hochschulgemeinschaft, vom Verein Deutscher Maschinenbauanstalten und der Deutschen Reichsbahn einen Betrag von etwa 250 000 RM sowie von der Provinz in Gemeinschaft mit der Stadt einen Sportplatz mit Turnhalle, deren Herstellung 650 000 RM erforderte.

Am Montagabend fanden gleichzeitig im Opern- und im Schauspielhaus Festvorstellungen statt, an die sich dann ein Gesellschaftsabend in den Sälen der Stadthalle anschloß.

Der Vormittag des 16. Juni wurde Vorträgen und Besichtigungen von Instituten der Technischen Hochschule gewidmet, während der Nachmittag mit Sportvorführungen ausgefüllt war. Abends fand die Feier durch einen Kommers der Studierenden und Alt-Akademiker ihren Abschluß.

Den Teilnehmern der Veranstaltung, die von ihrem Verlauf aufs höchste befriedigt waren, hat der Festausschuß eine Denkschrift „Hundert Jahre Technische Hochschule Hannover“ und einen „Catalogus Professorum“ überreicht, der Angaben über den Lehrkörper der Technischen Hochschule von 1831 bis 1931 macht. *Dt.*

Ehrung der Pioniere auf dem Gebiete der Verbrennungskraftmaschinen Nik. Aug. Otto und Eugen Langen durch die Siemens-Ring-Stiftung. — Die Siemens-Ring-Stiftung, die bekanntlich verdiente Forscher und Techniker durch Verleihung des Siemens-Ringes, durch Denkmäler oder Anbringung von Erinnerungsplaketten ehrt, hat anläßlich der 75. Jubiläumstagung des Vereines deutscher Ingenieure in Köln am 26. VI. 1931 auf dem Bahnhofsvorplatz zu Deutz ein Denkmal enthüllt, das auf einem massiven Steinsockel ein Modell der atmosphärischen Gasmaschine Ottos zeigt.

Die Inschrift besagt: „Dem Andenken von Nikolaus August Otto, 1832—1891, Eugen Langen, 1833—1895.“ Auf der Rückseite sind die Verdienste der Erfinder und die Bedeutung der Erfindung hervorgehoben.

Abb. 9. Langen-Otto-Denkmal.

Nach einem einleitenden Vortrage über Wesen und Auswirkung der bedeutungsvollen Erfindung durch den Generaldirektor Langen im Museumsaal der Deutzer Gasmotorenfabrik begaben sich die aus Vertretern von Behörden, Wissenschaft, Handel und Industrie bestehenden Teilnehmer zur Enthüllungsstätte, wo in größerem Kreise Exzellenz von Miller in einer die Verdienste der Erfinder noch einmal hervorhebenden bedeutungsvollen Ansprache das Denkmal enthüllte und es der Stadt Köln überzur treuen Obhut übergab. Namens der Stadt Köln für die Ehrung nahm das Denkmal mit Worten des Dankes für die Ehrung ihrer verdienstvollen Bürger der Oberbürgermeister Dr. Adenauer, worauf der Vorsitzende des VDI, Herr Generaldirektor Dr. Köttgen, der Stadt Köln für die Überlassung des Denkmalplatzes dankte. Den VDE vertrat bei dieser Feier der Generalsekretär Direktor Schirp.

Für und wider die Rationalisierung. — Das Internationale Rationalisierungsinstitut (Genf), das dem Erfahrungsaustausch zwischen den Rationalisierungsstellen der verschiedenen Länder dient, veranstaltete in Genf in der Zeit vom 1. bis 4. VII. seine zweite Internationale Diskussionskonferenz, die der Erörterung der Frage „Für und wider die Rationalisierung“ gewidmet war. Diese Erörterungen sind durch die augenblickliche Lage der Weltwirtschaft in den Vordergrund des Interesses gerückt. Im Anschluß an einen Vergleich zwischen den Erfahrungen, die in Europa und in Amerika mit den verschiedenen Rationalisierungsmaßnahmen gemacht worden sind, wurde das Für und Wider der Ratio-

nalisierungsmaßnahmen untersucht. Von deutscher Seite wurde dabei besonders auf die Notwendigkeit einer Klärung des Rationalisierungsbegriffes hingewiesen, um den mannigfachen Mißdeutungen entgegenzutreten, denen die Rationalisierung in der Öffentlichkeit ausgesetzt ist. Die Erörterungen der Konferenz gaben weiter Gelegenheit, auf die enge Verbindung hinzuweisen, die zwischen den Möglichkeiten des technischen Fortschritts und dem Zustand des Weltmarktes besteht. Neben der Aussprache über das Für und Wider der Rationalisierung wurde über Aufgaben, Aufbau und Arbeitsverfahren der in verschiedenen Ländern bestehenden Erfahrungsaustauschgruppen verhandelt. Schließlich waren die Arbeiten der Wirtschaftsverbände auf dem Gebiete der Betriebsforschung sowie branchenmäßige Betriebsuntersuchungen Gegenstand des Meinungsaustausches zwischen den Sachverständigen aus den verschiedensten Länder. *of.*

Elektrische Gitter zum Ablenken von Fischen. — J. E. Yates berichtet in der Electrical World über die erfolgreiche Anwendung von elektrischen Gittern in den Flüssen des Nordwest-Pacific, um Fische von Wasserkraftanlagen und Abzweigkanälen für Bewässerungsanlagen fernzuhalten, in denen sie zugrunde gehen würden. Es ist eine bekannte Eigenschaft gewisser Fischarten, z. B. des Salms, in der Laichzeit aus dem Meer in die oberen Flußläufe hinaufzuziehen, um dort zu laichen und alsdann wieder ins Meer zurückzukehren. Die junge Fischbrut zieht, nachdem sie einige Monate alt ist, ebenfalls flußabwärts ins Meer und kehrt erst nach einigen Jahren, wenn sie ausgewachsen ist, auf kurze Zeit zum Laichen zurück.

Der zunehmende Ausbau der Wasserkräfte zur Gewinnung elektrischer Energie bildet durch Staustufen unüberwindliche Hindernisse und bietet durch die Maschinenanlagen ernste Gefahren für diese Fischwanderungen, wodurch die Fischereiinteressen große Schädigungen erfahren. Damit die Fische die Staustufen überwinden können, hat man sog. Fischleitern gebaut. Es sind dies Wasserstufen von geringer Höhe, die die Fische bei ihrer Stromaufwärtswanderung überspringen. Um nun die Fische von dem Strudel des aus den Turbinen ausströmenden Wassers, in dem sie sich erschöpfen, fernzuhalten und nach der Fischleiter zu lenken, hat man den Ausflußkanal der Turbinen mit elektrischen Gittern abgesperrt.

Zu diesem Zweck werden an 2 im Abstand von rd. 1,8 m parallel geführten Kabeln Elektroden ins Wasser gehängt, zwischen denen eine geringe Spannungsdifferenz besteht. Die Fische weichen dieser Absperrung aus und finden so den Weg zur Leiter. In gleicher Weise hat man für die stromabwärts ziehenden Fische die Abzweigkanäle zu Turbinen- und Bewässerungsanlagen abgesperrt.

Der im Jahre 1929 hiermit erzielte Erfolg war so groß, daß man im Jahre 1930 eine große Anzahl weiterer elektrischer Gitter installierte. Die Anlagekosten derartiger Gitter sollen verhältnismäßig klein und die Betriebskosten minimal sein. (El. World Bd. 96, S. 216.) *de W.*

Jahresversammlungen, Kongresse, Ausstellungen.

Gemeinschaftsarbeit auf dem Gebiete der Korrosion und des Korrosionsschutzes. — Um die Fragen der Korrosion und des Korrosionsschutzes in einer umfassenden, ihrer Bedeutung entsprechenden Weise zu behandeln, haben der Verein deutscher Ingenieure, der Verein deutscher Eisenhüttenleute, der Verein Deutscher Chemiker und die Deutsche Gesellschaft für Metallkunde die Durchführung einer Gemeinschaftsarbeit beschlossen. Ohne Schaffung eines neuen Verbandes oder Vereines soll diese Gemeinschaftsarbeit in denkbar loser, aber das Ziel sichernder Form durchgeführt werden. Eine geldliche Belastung der interessierten Kreise soll grundsätzlich vermieden werden. Das Hauptziel besteht in der Veranstaltung gemeinsamer Tagungen, die jährlich etwa ein- oder zweimal abgehalten werden sollen. Diese Tagungen sollen dazu beitragen, Fühlungnahme und Erfahrungsaustausch auf diesem Gebiete zwischen den Vereinen und ihren Mitarbeitern zu sichern.

Eine erste Tagung ist für den Herbst d. J. in Berlin geplant. Körperschaften und Fachgenossen, die sich mit Korrosionsfragen befassen, sind als Mitarbeiter sehr willkommen. Sie sollen, ebenfalls ohne organisatorische und geldliche Bindung, zu der Veranstaltung der Tagungen und zur laufenden Mitarbeit herangezogen werden.

Die Federführung der Gemeinschaftsarbeit soll wechseln. Sie liegt zur Zeit beim Verein deutscher Eisenhüttenleute (Düsseldorf, Postschließfach 664), der auf Wunsch weitere Auskunft erteilt. *of*

Internationaler Straßenbahn- und Kleinbahnkongreß. — Der 23. Internationale Kongreß der Straßenbahnen, Kleinbahnen und der öffentlichen Kraftfahrunternehmen fand in der Zeit vom 26. VI. bis 4. VII. 1931 im Haag statt. Das technische Programm umfaßte folgende Berichte:

1. A. Patz, Budapest, Wirtschaftlicher Betrieb eines Straßenbahnnetzes.
2. V. Commiant, Brüssel, Vergleich der verschiedenen Fahrgelderhebungssysteme.
3. L. Bacqueyrisse, Paris, und W. Mattersdorff, Hamburg, Antriebs- und Stromrückgewinnungsmotoren.
4. M. Delacave, Brüssel, Bau von eisernen Wagen.
5. A. de Barquin, Brüssel, und L. Molle, Brüssel, Verkehrsproblem in sehr überfüllten Stadtteilen großer Städte.
6. Ch. Harmel, Lüttich, und R. Vente, Rouen, Fahrdrahtbus-Betrieb.
7. C. König, Elberfeld, Vortrag über die Schwebebahn im Wuppertal.
8. J. Devienne, Brüssel, und de Laminat, Le Havre, Vergleich der verschiedenen Bremssysteme.
9. J. G. J. C. Nieuwenhuis, Rotterdam, Wirtschaftliche Fahrpläne für Straßenbahnen und Autobuslinien auf Straßenabschnitten mit sehr dichtem Verkehr.
10. C. C. Kaiser, Amsterdam, Abschaffung des Lärms der zweiachsigen Wagen mit großem Achsstand in den Kurven.
11. P. Jourdain, Paris, Vergleich des allgemeinen Verkehrs — Kleinbahnen, Straßenbahnen, Autobusse — Schiene und Straße.
12. M. Bouteau, Paris, An Schienen- und Straßenbahnfahrzeugen angewandte Verbesserungen — Traktion und rollendes Material.
13. E. F. Baschwitz, Berlin, Vortrag über die Zugspitzbahn.
14. G. Quarg, Berlin, Verwendung des Dieselmotors zur Beförderung.
15. L. Poncet, Paris, und H. Metayer, Paris, An Automobilkarosserien des allgemeinen städtischen und Überlandverkehrs angewandte Verbesserungen.
16. J. Castaing, Paris, Erfahrungen in der Abfederung, Bewehrung und des Fahrwiderstandes der Fahrzeuge des allgemeinen Verkehrs (Meßapparate und Methoden, erzielte Ergebnisse).
17. P. Biraghi, Rom, Die Kleinbahnen und Hauptbahnen in ihren Beziehungen zum Überlandverkehr.
18. B. Thomas, Köln, Verfahren zur Bekämpfung der Riffelbildung.

Die diesjährige Tagung der A- & Z-Stelle. — Wie bei der letzten Mitgliederversammlung der Auskunfts- und Zentralstelle für Leiter und Dezernenten des Feuerschutz- und Sicherheitsdienstes industrieller Unternehmen (A- & Z-Stelle), Berlin-Siemensstadt, und bei der Vorstandsitzung beschlossen wurde, findet die diesjährige Tagung der A- & Z-Stelle am Montag und Dienstag, dem 14. und 15. IX. d. J., in Jena statt.

Gelegentlich dieser Tagung werden wieder am 14. IX. in Referaten und kurzen Vorträgen eine Reihe wichtiger und aktueller Fragen behandelt werden, z. B.: Feuerschutzmaßnahmen bei Förderanlagen für Holzabfälle usw., Sicherheitseinrichtungen zur selbsttätigen Regelung von Trockenanlagen, praktische Erfahrungen mit öllosen Hochspannungsschaltern, Luftschutzfragen für die Betriebe, das Zusammenarbeiten der einzelnen Organisationen im zivilen Luftschutz, Gasschutzfragen, Erfahrungen über Wirtschafts- und Handelspionage, Aussprache über aktuelle Fragen usw. Am 15. IX. findet eine Besichtigung der Zeiß-Werke und der Glaswerke Schott & Genossen, des Planetariums sowie der Feuerschutzmaßnahmen in diesen Betrieben und die Vorführung technischer Neuerungen in Jena, voraussichtlich auch eine Besichtigung der Schlauchfabrikation der Gothaniawerke in Gotha statt. Die Tagungsteilnehmer sind von der Stadt Jena am Abend des 14. IX. nach der historischen Rathausdiele eingeladen worden. Die A & Z-Stelle bittet die Herren, die Interesse an der Tagung haben, sich den 14. und 15. IX. d. J. dafür freizuhalten und ihre voraussichtliche Teilnahme baldmöglichst an die Geschäftstelle, Berlin-Siemensstadt, Nonnendammallee 84, mitzuteilen. *of*

Energiewirtschaft.

Steigerung der Kesselleistungen im Großkraftwerk Böhlen. — Durch verstärkten Einbau von Kühlrohren in die Feuerkammern der vorhandenen Kessel ist es Oberregierungsbaurat H. Zeuner gelungen, die Dampfleistungen und, was noch wichtiger sein dürfte, die Anpassungsfähigkeit der Kesselanlage an schnell wechselnde Entnahmen von Dampf sehr bedeutend zu steigern. Als reines Braunkohlenkraftwerk ist damit das Großkraftwerk Böhlen in die Reihe der wirtschaftlichen Anlagen eingetreten.

Zur Zeit der letzten Erweiterungen waren dort folgende Dampfkessel vorhanden[1]:

1. Stand der Kesselanlagen im Großkraftwerk Böhlen nach dem letzten Ausbau im Oktober 1930.

Kessel Nr.	Fabrikat	Bauart	Kesselheizfläche m²	Brennkammer-Kühlfläche m²	Gesamtheizfläche m²	Lufterhitzer-Heizfläche m²
9	Babcock	Sektional	2107	394	2501	3000
10	Babcock	„	2004	237	2241	3000
11	Humboldt	Steilrohr	1280	383	1663	2950
12	Humboldt	„	1280	413	1693	2950
13	Oschatz	„	1533	193	1726	2800
14	Oschatz	„	1533	193	1726	2800
15	Hanomag	„	1538	306	1842	2950
16	Hartmann	„	1460	185	1645	2950

Besonders bemerkenswert sind die beiden größten Sektionalkessel mit rd. 2100 m² Verdampfheizfläche, die 1926/27 aufgestellt wurden und mit Brennkammern von etwa 400 m³ Inhalt für Braunkohlenstaubfeuerung versehen sind. Die Kessel werden mit Braunkohlenstaub beheizt, dessen unterer Heizwert 4650 ... 4700 kcal/kg beträgt, und der aus einer Rohkohle mit 2200 kcal/kg unterem Heizwert bei 50 ... 55 % Wassergehalt in eigenem Betrieb erzeugt wird. Auch die anderen Kessel von 1500 m² Heizfläche werden mit Braunkohlenstaub beheizt.

Nachdem es gelungen war, die großen Schwierigkeiten zu überwinden, die die leichte Entzündlichkeit des Braunkohlenstaubes mit sich brachte[2], stellte sich die Notwendigkeit heraus, die Dampfleistungen der Anlage, die bisher etwa 55 ... 60 kg/m²h betragen hatten, durch vermehrte Brennstoffzufuhr zu steigern. Als wichtigstes Mittel hierfür stand die Auskleidung der Brennkammern mit Kühlrohren zur Verfügung, durch die, wie aus Zahlentafel 1 zu entnehmen ist, die verdampfende Heizfläche sehr erheblich vergrößert werden konnte. Allerdings war dazu auch notwendig, die Führung des Staubstromes zu verbessern, damit insbesondere verhindert wurde, daß sich noch nicht völlig ausgebrannte und ungenügend abgekühlte Brennstoffreste zwischen den Kesselrohren als Flugasche ansetzen und dort festhaften. Diese Aufgabe machte z. T. auch das Verlegen und Vermehren der Brennstoffdüsen notwendig.

Voller Erfolg wurde beim Umbau des Humboldt-Kessels Nr. 11 erzielt, dessen senkrechte Brenner nach dem Muster amerikanischer Anlagen von der Kohlenscheidungs-Gesellschaft durch Eckenbrenner ersetzt wurden. Die Kühlfläche der Brennkammern wurde dabei von 170 auf 383 m² vergrößert. Durch diese Veränderungen konnte die Dampfleistung dieses Kessels von 80 auf 145 t/h gesteigert werden, was, bezogen auf 1 m Breite des Feuerraumes, 15,5 t/h entspricht. Diese Breitenleistung hat man bis jetzt bei keinem anderen Dampfkessel in Deutschland oder Europa erreicht, und sie liefert einen glänzenden Beweis für die Entwicklungsfähigkeit der Braunkohlenfeuerung. Wie groß der Erfolg dieser Umänderung in feuerungstechnischer Hinsicht ist, erkennt man endlich daraus, daß die Temperatur der Feuergase vor dem Eintritt in den Luftvorwärmer von 520 auf 480 ° vermindert wurde; die Wärmebelastung des Feuerraumes stieg von 165 000 auf 280 000 kcal/m³h. Wenn man die gleichen Belastungen wie früher zulassen wollte, so könnte man hiernach den Wärmeumsatz in der Feuerung und damit auch die Dampfleistung des Kessels noch wesentlich über die wirklich erzielte Höhe steigern.

a Dampfleistung *b₁* Wasserstand links *b₂* Wasserstand rechts *c* Speisung *d* Dampfdruck *e* Dampftemperatur

Abb. 10. Regellinien. Lastaufnahme Kessel 11.

In Zahlentafel 2 sind die Grenzleistungen verschiedener Kraftwerke zum Vergleich mit den im Großkraftwerk Böhlen erreichten zusammengestellt[3]. Auch aus dieser Übersicht ergibt sich der große Fortschritt, den die Staubfeuerung bei Kraftwerken mit Braunkohlenfeuerung ermöglicht hat.

2. Grenzleistungen von Kesselfeuerungen in Elektrizitätswerken.

Kraftwerk	Kohlenart	Feuerung	Betriebsart	Breitenleistung, bezog. auf Normaldampf t/mh	Breitenleistung der Feuerung, Wärmeumsatz 10^6 kcal/mh	Breitenleistung der Feuerung, Kohlenumsatz t/mh
Hirschfelde	Rohbraunkohle	selbsttätige Treppenroste	ohne Kohlenstaubzusatz	5,05	4,27	2,14
			mit Kohlenstaubzusatz	6,2	5,2	2,52
Zschornewitz	Rohbraunkohle	selbsttätige Treppenroste		5,14	4,03	1,81
		Muldenroste		5,65	4,5	2,04
Böhlen	Braunkohle	Staubfeuerung	bei 165 000 kcal/m³h höchster Feuerraumbelastung	8	6,3	2,41
			bei rd. 280 000 kcal/m³h höchster Feuerraumbelastung	9,8	7,7	2,95
			nach Leistungserhöhung aller Kessel	15	11,6	4,45
ein amerikanisches Großkraftwerk	Steinkohle	Staubfeuerung		20	—	—

Über den Erfolg, den diese Umbauten der Kesselfeuerungen für die Steigerung der Anpassungsfähigkeit der Kessel an wechselnde Dampfentnahme bedeuten, haben Rosin und seine Mitarbeiter vor einiger Zeit berichtet[4]. Abb. 10 zeigt den Verlauf der Lastaufnahme bei dem bereits erwähnten Humboldt-Kessel Nr. 11. Man erkennt den sehr steilen Anstieg der Dampfleistung, die in höchstens 2,5 min 90 % der Vollast erreicht, bei gleichzeitigem Steigen des Dampfdrucks. Die Regelgeschwindigkeit, d. h. die Zunahme der Leistung in 1 min in % der höchsten Dauerleistung, betrug bei dem Kessel Nr. 11 bei Belastungen zwischen 10 und 90 % nicht weniger als 45 %/min, bei Laststeigerung von 50 auf 90 % dagegen 22 %/min. Ähnlich günstig waren die Beobachtungen über das Steigen der

[1] Z. VDI Bd. 75, S. 309 (1931).
[2] Wißmann, Elektrizitätswirtsch. Bd. 27 S. 575 (1930).
[3] Zeuner, Die Wärme Bd. 54, Nr. 3, S. 40 (1931).
[4] Rosin, Rammler und Stimmel, Arch. Wärmewirtsch. Bd. 11, Nr. 12, S. 387 (1930).

Dampfleistung und des Dampfdrucks beim Hochheizen des Kessels aus dem Leerlauf nach 1 ... 9,5 h. In allen diesen Fällen war die volle Dampfleistung nach höchstens 8 min erreicht.

Die Ergebnisse dieser Versuche werden mit Recht dahin gedeutet, daß Kessel von so hoher Elastizität und Regelbarkeit einen wertvollen Ersatz für die sonst in Kraftwerken verlangte Momentanreserve bedeuten und daher dazu beitragen können, die Anlagekosten der Kraftwerke zu vermindern. *H.*

Erzeugung und Verbrauch elektrischer Arbeit in Deutschland[1]. — Die von der Statistik erfaßten 122 Elektrizitätswerke weisen im April 1931 eine Abnahme der Erzeugung auf, u. zw. gegen den Vormonat um 132,7 Mill kWh (10,5 %) und im Vergleich zum Parallelmonat von 1930 um 157,5 Mill kWh (12,2 %). Arbeitstäglich stellt sich dieser Rückgang auf 1,469 und 6,565 Mill kWh (12,2 %). Der Anschlußwert der gewerblichen Abnehmer war im März 1931 um 13 000 kW größer als im Februar, aber um 14 000 kW geringer als im gleichen Monat des Vorjahres. Der Verbrauch hat in dem Berichtsmonat, verglichen mit dem des Februar, um 20,4 Mill kWh (5 %) zugenommen, sich gegenüber dem März 1930 dagegen um 64,5 Mill kWh (12 %) verringert; arbeitstäglich ergibt sich eine Senkung um 0,620 bzw 2,480 Mill kWh (12 %). Wie das Statistische Reichsamt bemerkt, erreichte der arbeitstägliche gewerbliche Verbrauch je Kilowatt Anschlußwert im März den tiefsten Stand der letzten Jahre.

[1] Vgl. ETZ 1931, S. 744.

Monat	Arbeitstage		Von 122 Elektrizitätswerken selbst erzeugte Mill kWh: insgesamt		arbeitstäglich		Anschlußwert und Verbrauch der von 103 Elektrizitätswerken direkt belieferten gewerblichen Abnehmer: Anschlußwert Mill kW		Gesamtverbrauch Mill kWh		arbeitstäglicher Verbrauch: insgesamt Mill kWh		kWh/kW Anschlußwert	
	1931	1930	1931	1930	1931	1930	1931	1930	1931	1930	1931	1930	1931	1930
I.	26	26	1357,6	1555,7	52,2	59,8	4,6	4,6	462,5	545,0	17,8	21.0	3,9	4.6
II.	24	24	1208,5	1392,5	50,3	58,0	4,6	4,6	438,5	512,3	18,3	21.3	4,0	4,7
III.	26	26	1266,9	1430,1	48,7	55,0	4.6	4,6	458,9	523,4	17,6	20,1	3,8	4,4
IV.	24	24	1134,2	1291,7	47,3	53,8	.	4,6	.	485,8	.	20.2	.	4,4

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Fachsitzung für elektrisches Nachrichtenwesen am 15. Januar 1931 in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg.

Besprechung des Vortrags[1]

des Herrn Dr.-Ing. W. Hoesch. Thema:

„Wirkungsweise, Bau und Verwendung von Elektrolyt-Kondensatoren".

Vorsitz: Herr Prof. Dr. Burstyn.

Herr **Zickner:** Der Herr Vortragende teilte mit, daß sich der Verlustwinkel bei dem Elektrolyt-Kondensator in der Größenordnung von nur einigen Prozent bewege. Ich habe eine ganze Reihe von Elektrolyt-Kondensatoren in der Reichsanstalt gemessen und habe durchweg größere Werte gefunden. Es würde mich interessieren, zu erfahren, was für Kondensatoren der Herr Vortragende dabei im Auge hatte.

Vortragender: Bei meinen Angaben handelte es sich um Flüssigkeitskondensatoren.

Herr **P. R. Arendt:** Ich möchte zunächst den Herrn Vortragenden dazu beglückwünschen, daß er unsere Aufmerksamkeit heute abend auf ein Gebiet gelenkt hat, das in Deutschland bisher vernachlässigt worden ist. Gleichzeitig aber bedaure ich, daß er zu Beginn seines Vortrages der Meinung Ausdruck gab, daß der Elektrolyt-Kondensator in der Praxis bisher sehr wenig angewendet worden sei. Ich will Ihre Aufmerksamkeit daher auf die Verwendung des Elektrolyt-Kondensators in den Speisekreisen der Verstärkerämter und Fernsprechämter lenken. Ich erinnere beispielsweise an einen Aufsatz von Siegmund aus dem Januar 1929[2].

Da in unserem Konzern mit den trockenen Elektrolyt-Kondensatoren der Süddeutschen Apparatefabrik, Nürnberg, sehr gute Erfahrungen gemacht worden sind, insbesondere hinsichtlich der Konstanz der Kapazität, möchte ich den Herrn Vortragenden bitten, uns von seinen diesbezüglichen Erfahrungen bei Dauerbetrieb zu berichten. Er hat bereits darauf hingewiesen, daß sich die Kapazität beim Austrocknen sehr verringern kann, weil dann die elektrolytische Wirkung wegfällt.

[1] Vgl. ETZ 1931, S. 927.

[2] H. O. Siegmund, The aluminium electrical condenser, Bell syst. techn. Journ. Januar 1929 sowie ebenda E. W. Young: Power plants for telephone offices Bd. 6, S. 702 (1927). — R. E. W. Maddison, Der elektrolytische Kondensator mit Aluminiumelektrode. Electrical Communication (deutsche Ausgabe) Bd. 8, H. 2, S. 8. 109 (1929).

Vortragender: Rein quantitativ betrachtet, d. h. der Stückzahl nach, steht doch der Flüssigkeitskondensator, wie er z. B. auch in Eisenbahn-Signalnetzen usw. verwendet wird, hinter dem trockenen Kondensator zurück, wenn ich auch zugebe, daß der Flüssigkeitskondensator schon seit längerem in der Fernsprechtechnik verwendet wird und der genannte Artikel recht lesenswert ist.

Die Konstanz der Kapazität ist eine Folge des Aufbaues. Bei den von mir beschriebenen Elektrolyt-Kondensatoren wird man beobachten, daß tatsächlich eine Konstanz der Kapazität erreicht wird, die als durchaus genügend betrachtet werden muß. Ein Kondensator, der heute gebaut wird, besitzt nach einer halbjährigen Betriebszeit auch noch die gleiche Kapazität, vielleicht mit 10 % Unterschied. Diese Kondensatoren z. B. sind vor der Funkausstellung an dieses Gerät angeschlossen worden und hatten damals, Anfang September, eine Kapazität von etwa 1100 µF; am 30. XI. betrug die Kapazität 1060 µF. Es ist anzunehmen, daß der Kondensator auch noch nach einem Jahr sehr gute Werte haben wird.

Herr **Clausing:** Ich möchte den Herrn Vortragenden fragen, ob ihm bekannt ist, daß die Kapazität mit der Frequenz geht, und ob er eine Erklärung dafür hat. Je nachdem, ob man mit 50- oder 100periodigem Strom mißt, stellt man verschieden große Kapazitäten fest.

Vortragender: Meine Untersuchungen erstreckten sich bisher auf die Bedingungen des Kondensators, die er nachher in der Praxis aushalten soll: Gleichstrom überlagert von Wechselstrom, u. zw. meist Niederfrequenz. Ich habe daher nur geringe Erfahrungen mit einer Wechselstrombelastung gesammelt. In der Radiotechnik wird im allgemeinen diese Abhängigkeit der Kapazität von der Frequenz, über die ich eine Erklärung ad hoc entwerfen müßte, nichts ausmachen, da die Wechselstromamplitude nur einen gewissen kleinen Prozentsatz des Gleichstroms betragen wird.

Herr **Clausing:** Es lag bei meinen Untersuchungen eine pulsierende Gleichspannung am Kondensator. Die überlagerte Wechselspannung wurde zuerst auf 100 und dann auf 50 Hz eingestellt. Dann wurde der kapazitive Widerstand gemessen und daraus auf die Kapazitäten geschlossen. Ihr Verhältnis ergab sich zu 1 : 2. Die Gleichspannung betrug 5 ... 7 V, die Amplitude 10 ... 20 % dieser Spannung.

Vortragender: Haben Sie auch die Erwärmung berücksichtigt?

Herr **Clausing:** Die Wechselspannungs-Amplitude war immer klein genug.

Vortragender: Ich denke mir den Vorgang folgendermaßen: Wir haben die Anode, darum das Dielektrikum und hierum die Flüssigkeit. Der Raum hier ist also sehr gering, die Wärmemenge wird bei 100 Hz natürlich größer sein als bei 50 Hz. Der Reststrom wird infolge der Erwärmung ansteigen. Ich könnte mir vorstellen, daß ein Abbau des Dielektrikums stattfindet. Das Aluminiumoxyd wird an seiner Oberfläche wahrscheinlich zum Teil in Aluminiumhydroxyd umgewandelt, das einen anderen Aufbau

hat. Infolgedessen könnte ich mir sehr wohl denken, daß die Beobachtung des Herrn CLAUSING zutrifft und die Änderung der Kapazität in erster Linie auf die Wärmewirkung zurückzuführen ist.

Vorsitzender: Das Verhältnis von 1 : 2 ist überraschend groß, und man möchte danach fast glauben, daß die einfache Theorie eines Dielektrikums doch nicht richtig ist.

Herr **Schäfer:** Ich möchte hierzu bemerken, daß auch nach meinen Beobachtungen die Kapazität mit zunehmender Frequenz sinkt. Ich halte das gleichfalls für eine thermische Wirkung. Die Frequenzabhängigkeit führe ich darauf zurück, daß wir es tatsächlich nicht mit einer reinen Gasschicht zu tun haben, wie manche Forscher heute noch behaupten, sondern daß es sich um ein Gemisch von Gasschicht und Oxydschicht handelt, und daß gerade der Oxydanteil kapazitätvermindernd wirkt.

Der Herr Vortragende sagte, das Hauptanwendungsgebiet des Elektrolyt-Kondensators liege da, wo man große Kapazitäten und kleine Spannungen braucht. Mittlerweile sind aber schon Kondensatoren auf dem Markt erschienen, die für hohe Spannungen bemessen sind — allerdings für entsprechend kleine Kapazitäten. Früher operierte man mit Spannungen von 10 ... 30 V. Inzwischen ist es aber gelungen, Elektrolyt-Kondensatoren für 100, 300 und 500 V herzustellen, u. zw. nicht etwa durch eine entsprechende Reihenschaltung mehrerer Kondensatoren kleinerer Spannung, sondern durch Erhöhung der Formierungspannung der elektrolytischen Zellen; auch diese Kondensatoren weisen eine recht gute Kapazitätskonstanz auf.

Bezüglich der Kapazitätsabhängigkeit von der Zeit möchte ich bemerken, daß man bei manchen Kondensatoren einen Abfall im Laufe der Zeit feststellt. Wenn man solche Kondensatoren näher untersucht, muß man weiter beobachten, daß die Anode in erheblichem Maße Anfressungen aufweist, worauf neben der Rückbildung des dielektrischen Films der Rückgang der Kapazität zurückzuführen ist. Man hat weiter versucht, eine Konstanz dadurch zu erreichen, daß man der abfallenden Tendenz der Kapazitätskurve dadurch begegnete, daß man einen Kondensator mit beispielsweise 50 V formierte und ihn nur mit 25 V betriebsmäßig beanspruchte. Das hat ein Ansteigen der Kapazitätskurve zur Folge, da eine teilweise Rückbildung des Films unter der verringerten Spannung eintritt. Ich kann mir vorstellen, daß diese beiden Effekte: das Abfallenwollen einerseits und das Ansteigen der Kapazität anderseits, letzten Endes zu einer Kapazitätskonstanz führen.

Herr **Lindner:** Mir ist bekannt, daß ein Kondensator von etwa 30 μF, der in einem empfindlichen Gerät benutzt wurde, sehr große Kapazitätsschwankungen zeigte, weshalb er sehr häufig schon nach kürzerem Betrieb neu formiert werden mußte, daß er dann aber wieder einwandfrei arbeitete. Ist es vielleicht darauf zurückzuführen, daß die Kapazitätskonstanz bei kleineren Kapazitäten nicht so groß ist?

Vortragender: Ich erwähnte bereits in meinem Vortrag die Vorformierung, die man anwenden muß, um möglichst eine Konstanz des Reststroms zu erzielen. Das nachträgliche Abfallen der Kapazität ist darauf zurückzuführen, daß das Dielektrikum mit der Zeit sich der Betriebsspannung angleichen wird. Wenn das Dielektrikum beispielsweise zunächst auf 50 V aufgebaut war, dann wird es nachher die einer Spannung von 25 V entsprechenden Eigenschaften haben. Infolgedessen wird die Kapazität gestiegen sein.

Es ist vielleicht verfrüht, heute etwas über die Elektrolyt-Kondensatoren für hohe Betriebspannungen zu sagen. Elektrolyt-Kondensatoren für hohe Spannungen sind bereits hergestellt. Ich erinnere z. B. an Edelmann in Amerika. Sein Kondensator, den er Gummikondensator nennt, ist aber kein eigentlicher Elektrolyt-Kondensator; die Anode wird nämlich zunächst in einem Bad auf eine hohe Betriebspannung formiert und dann mit einem „Hilfselektrolyten" zusammengeschichtet. Ich möchte ihn als Pseudo-Elektrolyt-Kondensator bezeichnen, denn das Dielektrikum wird nicht durch das Anlegen der Spannung an die Zelle erzielt, sondern es wird erst der Kondensator konstruiert. Dieser Kondensator grenzt an das aus dem Spulenbau Bekannte, daß man Aluminium irgendwie oxydiert und die Schichten aufeinanderbaut. Es ist dann ein permanentes Dielektrikum aus Aluminiumoxyd, Sauerstoff usw.

Der praktische Vorteil des Elektrolyt-Kondensators für hohe Spannungen, von dem die Amerikaner zu berichten wissen, ist meiner Ansicht nach gering. Es handelt sich vielleicht um 10 ... 20 % Raumersparnis. Die Gewichtsersparnis mag verhältnismäßig groß sein. Aber ich nehme dafür auch wesentliche Nachteile in Kauf: die Abhängigkeit der Kapazität von der Spannung, die trotz aller Vorformierung nicht beseitigt werden kann. Wenn ich noch daran erinnere, daß die heutige Papierindustrie erhebliche Fortschritte gemacht hat, daß ich ein gutes Papier mit einem Zusatzdielektrikum auf einem Bruchteil des Raumes unterbringen kann, wie er für einen Elektrolyt-Kondensator von gleicher Prüfspannung und Kapazität benötigt wird, dann möchte ich doch die Prognose stellen, daß in der nächsten Zeit — wobei das „nächste" vielleicht kurz sein kann — für hohe Betriebspannungen ein wertvoller und neuzeitlicher Kondensator mit imprägniertem Papier dem Elektrolyt-Kondensator vorzuziehen ist.

Was die Kapazitätsabhängigkeit bei Kondensatoren mit kleiner Kapazität anlangt, so sehe ich keinen Grund ein, woher diese Abhängigkeit der Kapazität kommen soll, und warum sie größer sein soll als bei Kondensatoren mit großer Kapazität. Ich glaube auch nicht recht, daß diese Kapazitätsschwankungen bei gut gebauten Kondensatoren zu beobachten sind. Vielleicht sind sie auf Spannungschwankungen zurückzuführen.

Herr **Schäfer:** Was die Anwendung des Elektrolyt-Kondensators mit hoher Spannung und geringer Kapazität anlangt, so möchte ich mich der Prognose des Herrn Vortragenden doch nicht ganz anschließen. Denn ich kann mitteilen, daß man Elektrolyt-Kondensatoren für hohe Spannungen bauen kann, deren Volumen sich im Vergleich zu dem von Kondensatoren mit Papier wie 1 : 5 und 1 : 6 verhält. Das sollte doch der Apparatetechnik Anreiz genug geben, sich auch dem Hochspannungs-Elektrolyt-Kondensator zuzuwenden, der mit derselben Vollkommenheit gebaut werden kann wie der Niederspannungskondensator.

Der Herr Vortragende hat uns die Stärke der wirksamen dielektrischen Schicht mit 6 μ, also 0,006 mm angegeben. Ich habe in der Literatur Angaben gefunden, die zum Teil auf wesentlich geringere Werte zurückgehen. Natürlich dürfte es schwer sein, die Schicht zu messen. Ich glaube, es ist das auch mehr eine Schätzungsache. Ich kenne z. B. Verfasser, die behaupten, daß die dielektrische Schicht sich in der Größenordnung von 10^{-6} cm bewegt und daß die Dielektrizitätskonstante ε der Gasschicht 1 sei. Nach den Ausführungen des Herrn Vortragenden ist aber das Dielektrikum nicht Gas und das ε nicht gleich 1. Meines Erachtens dürfte diese Berechnung der Schichtstärke vollständig abwegig sein. Da es weiterhin unbekannt ist, mit welchem ε man überhaupt rechnen muß, wird man auf Grund dieser Überlegung nicht in der Lage sein, diesen Wert größenordnungsmäßig anzugeben.

Herr **Clausing:** Die Apparate bauenden Firmen interessieren sich natürlich auch sehr für die Preisverhältnisse der Elektrolyt-Kondensatoren zu den Kondensatoren mit Papierdielektrikum. Kann man vielleicht darüber schon etwas erfahren?

Herr **Schäfer:** Das Preisverhältnis ist natürlich erheblich verschieden. Effektive Angaben möchte ich heute nicht machen; ich stehe aber jederzeit zu Auskünften zur Verfügung.

Vorsitzender: Von dem Herrn Vortragenden wird als selbstverständlich angenommen, daß die dielektrische Schicht aus Sauerstoff besteht. Ist das auch ganz sicher? Vor 25 oder 30 Jahren habe ich mich bei den SSW mit solchen Kondensatoren befaßt. Damals wurde u. a. die Erklärung versucht, daß die dielektrische Schicht aus glasartigem Korund bestehen könnte. Dann käme man natürlich zu ganz anderen Dielektrizitätskonstanten und Dicken.

Vortragender: Über die Größenanordnung der Dielektrizitätskonstante habe ich nichts gesagt, weil man sie m. E. nicht sicher feststellen kann; über die Schichtdichte habe ich aus der Literatur entnommen, daß sie bei 110 V in der Größenordnung der Wellenlänge des sichtbaren Lichtes liegt. Ich habe nämlich gleichfalls festgestellt, daß man bei dieser Spannung Interferenzfarben erkennen kann. Ich kann mir vorstellen, daß ich bei 100 V 500 μ messe und bei 4 V auf Ihre kleineren Größenordnungen komme.

Was die Frage des Herrn Professor Dr. Burstyn anlangt, so glaube ich schon auseinandergesetzt zu haben, wie die dielektrische Schicht zustandekommt. Ich möchte nur noch darauf hinweisen, daß es sich in erster Linie um Sauerstoff handelt. Das Oxyd kann natürlich auch aus mikroskopisch kleinen Kristallen bestehen. Jedenfalls aber ist doch der Sauerstoff mehr oder weniger das aktive Dielektrikum, das Oxyd ist gewissermaßen nur das Gerüst für diesen Sauerstoff.

Vorsitzender: Diese hohe Durchschlagspannung wäre auch bei einem festen Dielektrikum zu erwarten. Die Durchschlagfestigkeit hängt bekanntlich mit der freien Weglänge zusammen und ist für äußerst kleine Strecken überraschend hoch, sowohl bei gasförmigen und flüssigen als auch bei

festen Isolatoren. Das beweist der sog. Molekular-Kondensator von POLANYI, der mit einem festen Dielektrikum von sehr geringer Schichtstärke arbeitet.

Elektrotechnischer Verein.
Der Generalsekretär:
Dr. Schmidt.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker
(Eingetragener Verein).

Geschäftsstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 7 Pallas 7286.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Übersicht über die Beschlüsse der XXXV. Jahresversammlung in Frankfurt a. M. 1931.

Nachstehend sind die von der Jahresversammlung in Frankfurt a. M. gefaßten Beschlüsse zusammengestellt:

Vorstand.

Wiedergewählt wurden auf 2 Jahre die Herren Brauns, Montanus, Petersen und Wechmann.

Neugewählt wurden auf 2 Jahre die Herren Bannwarth, Binder, v. Buol und Schreiber.

Zum Vorsitzenden wurde auf 2 Jahre gewählt Herr Petersen.

Zum 1. stellvertretenden Vorsitzenden wurde auf 2 Jahre gewählt ein vom Vorstande noch zu wählender Behördenvertreter.

Ausschuß.

Die ausscheidenden Herren Craemer, Orlich, Ruppel, Schering, Werner und Wölcke wurden auf 2 Jahre wiedergewählt.

Neugewählt wurden auf 2 Jahre die Herren Dettmar, Köttgen, Krone, Mayer und Zaudy.

Rechnungsrevisoren.

Die beiden Rechnungsrevisoren, die Herren Froese und Grauert, wurden wiedergewählt.

Ort der nächsten Jahresversammlung.

Beschlossen wurde, im Jahre 1932 lediglich eine Vorstand- und eine Ausschuß-Sitzung in München abzuhalten und diese Ausschuß-Sitzung mit den Vollmachten einer Jahresversammlung auszustatten.

Als Ort für die Abhaltung der nächsten Jahresversammlung 1933 soll der Ausschuß-Sitzung 1932, falls die wirtschaftlichen Verhältnisse dieses gestatten, die Stadt Wien vorgeschlagen werden und zwar mit Rücksicht auf das 50-jährige Bestehen des Elektrotechnischen Vereines in Wien.

Beitragsfestsetzung.

Für das Jahr 1932 bleiben die für 1931 festgesetzten Bestimmungen bezüglich der Mitgliederbeiträge unverändert bestehen.

Bevollmächtigungen des Vorstandes.

Der Vorstand wird ermächtigt, folgende nochmal zu überprüfende sowie z. Z. noch nicht endgültig fertiggestellte Kommissionsarbeiten im Laufe des nächsten Geschäftsjahres in Kraft und bislang vorhandene Arbeiten, die durch die Neufassungen ersetzt sind, gleichzeitig außer Kraft zu setzen:

1. Kommission für Betriebsvorschriften.
   a) Vorschriften nebst Ausführungsregeln für den Betrieb von Starkstromanlagen V.B.S./1932.
   b) die vom Verbande der Deutschen Berufsgenossenschaften aufgestellte „Anleitung zur ersten Hilfeleistung bei Unfällen“.
2. Kommission für Maschinen und Transformatoren.
   Regeln für den Anschluß von Motoren an öffentliche Elektrizitätswerke R.A.M./1932.
3. Kommission für Freileitungen.
   Änderungen an den „Vorschriften für den Bau von Starkstrom-Freileitungen V.S.F./1930“.
4. Kommission für Drähte und Kabel.
   Vorschriften für Leitungskupfer.
5. Kommission für Installationsmaterial.
   a) Leitsätze für Handleuchter aus Weichgummi.
   b) Leitsätze für Stecker aus Weichgummi.
6. Kommission für Meßinstrumente.
   Regeln für Wandler R.E.W./1932.
7. Kommission für Handgeräte.
   Vorschriften für 2-polige Gerätesteckvorrichtungen und Geräteanschlußschnüre 10 A 250 V für Hand- und Elektrowärmegeräte
8. Ausschuß für den elektrischen Sicherheitsgrad.
   Leitsätze für den elektrischen Sicherheitsgrad von Starkstromanlagen mit Betriebspannungen von 1000 V und darüber L.S.G./1932.
9. Ausschuß für Normalspannungen.
   Spannungen für elektrische Anlagen über 100 V.
10. DIN VDE-Normblätter.

Ferner wird der Vorstand ermächtigt, bis zur Ausschuß-Sitzung 1932 die endgültig fertiggestellten Normblätter für die Drucklegung freizugeben.

Kommissionsarbeiten.

Die nachstehend aufgeführten Bestimmungen sind von der Jahresversammlung mit der Maßgabe angenommen, daß bei einigen dieser Arbeiten kleinere Änderungen auf Grund nachträglich eingegangener Einsprüche vorgenommen werden dürfen, die in die von diesen Arbeiten herauszugebenden Sonderdrucke aufgenommen werden sollen:

1. Kommission für Errichtungsvorschriften I.
   a) Änderung der Bestimmungen über Schachtsignalanlagen in § 40 der „Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebspannungen unter 1000 V. V.E.S. 1/1930“. Gültig ab 1. Juli 1931.
      Der Wortlaut war veröffentlicht in ETZ 1930, S. 1537; 1931, S. 220.
   b) Leitsätze für die Berücksichtigung elektrischer Anlagen bei der Ausführung von Bauten. Gültig ab 1. Januar 1932.
      Der Wortlaut war angekündigt bzw. veröffentlicht in ETZ 1931, S. 29 u. 517.
   c) Außerkraftsetzung nachstehender Arbeiten:
      Leitsätze für die Herstellung und Einrichtung von Gebäuden bezüglich Versorgung mit Elektrizität. Gültig ab 1. Juli 1910, angenommen durch die Jahresversammlung 1910, mit dem 1. Januar 1932.
      Verwendung von Elektrizität auf Schiffen. Gültig ab 1. Juli 1904, angenommen durch die Jahresversammlung 1904, mit dem 1. Juli 1931.
2. Kommission für Betriebsvorschriften.
   a) Leitsätze für die Bekämpfung von Bränden in elektrischen Anlagen und in deren Nähe. Gültig ab 1. Januar 1932.
      Der Wortlaut war angekündigt bzw. veröffentlicht in ETZ 1930, S. 793 u. 1469.
   b) Außerkraftsetzung nachstehender Arbeit:
      Leitsätze für die Bekämpfung von Bränden in elektrischen Anlagen und in deren Nähe. Gültig ab 1. Januar 1932, angenommen durch den Vorstand im November 1925, mit dem 1. Januar 1932, Sonderdruck VDE 348.
3. Kommission für Maschinen und Transformatoren.
   Änderung der in Tafel VII zu § 47 der „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Transformatoren R.E.T./1930“ enthaltenen Prüfspannungen von Kurzschlußdrosselspulen für Nennspannungen bis 2,5 kV.
      Der Wortlaut war veröffentlicht in ETZ 1931, S. 676.
4. Kommission für Elektrowerkzeuge.
   a) Vorschriften für Elektrowerkzeuge für Spannungen bis 250 V gegen Erde V.E.Wz./1932. Gültig ab 1. Januar 1932.
      Der Wortlaut war veröffentlicht in ETZ 1930, S. 1693; 1931, S. 581 u. 677.

b) Außerkraftsetzung nachstehender Arbeiten:
Regeln für die Bewertung und Prüfung von Handbohrmaschinen. Gültig ab 1. Juli 1927, angenommen durch die Jahresversammlung 1926, mit dem 1. Januar 1932, Sonderdruck VDE 366.
Regeln für die Bewertung und Prüfung von Hand- und Support-Schleifmaschinen. Gültig ab 1. Januar 1926, angenommen durch die Jahresversammlungen 1924 und 1925, mit dem 1. Januar 1932, Sonderdruck VDE 338.

5. Kommission für Elektrowärmegeräte.
a) Vorschriften für Elektrowärmegeräte für Spannungen bis 250 V gegen Erde V.W.G./1933. Gültig ab 1. Januar 1933.
Der Wortlaut war angekündigt bzw. veröffentlicht in ETZ 1930, S. 101; 1931, S. 518 u. 677.
b) Vorschriften für Geräteschalter. Gültig ab 1. Januar 1933.
Der Wortlaut war veröffentlicht in ETZ 1930, S. 1116; 1931, S. 587 u. 677.
c) Leitsätze für Temperaturbegrenzer und Temperaturregler. Gültig ab 1. Januar 1933.
Der Wortlaut war veröffentlicht in ETZ 1930, S. 1119; 1931, S. 590 u. 677.
d) Außerkraftsetzung nachstehender Arbeit:
Vorschriften für elektrische Heizgeräte und elektrische Heizeinrichtungen V.E.Hz./1925. Gültig ab 1. Januar 1925, angenommen durch die Jahresversammlung 1924, mit dem 1. Januar 1933, Sonderdruck VDE 304.

6. Kommission für Drähte und Kabel.
a) Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen V.I.L./1931. Gültig ab 1. Juli 1931.
Der Wortlaut war angekündigt bzw. veröffentlicht in ETZ 1931, S. 182 u. 641.
b) Vorschriften für umhüllte Leitungen. Gültig ab 1. Juli 1931.
Der Wortlaut war angekündigt bzw. veröffentlicht in ETZ 1931, S. 182 u. 618.
c) Außerkraftsetzung nachstehender Arbeiten:
Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen V.I.L./1930. Gültig ab 1. Januar 1930, angenommen durch die Jahresversammlung 1929, mit dem 1. Juli 1931, Sonderdruck VDE 450.
Vorschriften für umhüllte Leitungen. Gültig ab 1. Juli 1930, angenommen durch die Jahresversammlung 1929, mit dem 1. Juli 1931, Sonderdruck VDE 449.

7. Kommission für Installationsmaterial.
Änderung von § 1 „Geltungsbeginn“ der „Vorschriften, Regeln und Normen für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial bis 750 V Nennspannung K.P.I./1928“. Gültig ab 1. Juli 1931.
Der Wortlaut war veröffentlicht in ETZ 1931, S. 430 u. 676.

8. Kommission für Schaltgeräte.
Außerkraftsetzung nachstehender Arbeit:
Normen für Anschlußbolzen und ebene Schraubkontakte für Stromstärken von 10 ... 1500 A. Gültig ab 1. Januar 1912, angenommen durch die Jahresversammlung 1910, mit dem 1. Juli 1931.
Die Ankündigung war erfolgt in ETZ 1931, S. 155.

9. Kommission für Zähler.
a) Regeln für Elektrizitätzähler R.E.Z./1932. Gültig ab 1. Januar 1932.
Der Wortlaut war angekündigt bzw. veröffentlicht in ETZ 1930, S. 753; 1931, S. 776.
b) Außerkraftsetzung nachstehender Arbeit:
Regeln für Elektrizitätzähler R.E.Z./1927. Gültig ab 1. Januar 1927, angenommen durch die Jahresversammlung 1926, mit dem 1. Januar 1932, Sonderdruck VDE 361.

10. Kommission für Bahnwesen.
a) Vorschriften nebst Ausführungsregeln für elektrische Bahnen V.E.B./1932. Gültig ab 1. Januar 1932.
Der Wortlaut war veröffentlicht in ETZ 1931, S. 54, 489 u. 677.
b) Außerkraftsetzung nachstehender Arbeit:
Vorschriften für elektrische Bahnen. Gültig ab 1. Januar 1926, angenommen durch die Jahresversammlung 1925, mit dem 1. Januar 1932, Sonderdruck VDE 330.

11. Kommission für Fernmeldetechnik.
a) Vorschriften und Regeln für die Errichtung elektrischer Fernmeldeanlagen V.E.F./1932. Gültig ab 1. Januar 1932.
Der Wortlaut war veröffentlicht in ETZ 1931, S. 182, 711 u. 782.
b) Änderung von § 4 „Zusammensetzung der Gummimischung“ der „Vorschriften für isolierte Leitungen in Fernmeldeanlagen V.F.L./1928“. Gültig ab 1. Juli 1931.
Der Wortlaut war veröffentlicht in ETZ 1931, S. 683.
c) Außerkraftsetzung nachstehender Arbeit:
Regeln für die Errichtung elektrischer Fernmeldeanlagen. Gültig ab 1. Januar 1924, angenommen durch die Jahresversammlung 1922, mit dem 1. Januar 1932, Sonderdruck VDE 324.

12. Kommission für Hochfrequenztechnik.
Erweiterung von § 7 „Netzspannung führende Teile“ der „Vorschriften für Rundfunkgeräte, die mit Starkstromanlagen (-netzen) in Verbindung stehen V.R.G./1929“. Gültig ab 1. Juli 1931.
Der Wortlaut war veröffentlicht in ETZ 1930, S. 950 u. 1570.

13. Kommission für Handgeräte.
a) Vorschriften für Geräte mit Kleinstmotoren V.G.K.M./1933. Gültig ab 1. Januar 1933.
Der Wortlaut war angekündigt bzw. veröffentlicht in ETZ 1930, S. 220; 1931, S. 617 u. 677.
b) Vorschriften für elektromedizinische Netzanschlußgeräte zur Galvanisation, Faradisation, Sinusstrombehandlung, Glühkaustik und Endoskopie V.E.Med./1933. Gültig ab 1. Januar 1933.
Der Wortlaut war angekündigt bzw. veröffentlicht in ETZ 1930, S. 152; 1931, S. 615 u. 677.
c) Vorschriften für 2-polige Gerätesteckdosen 10 A 250 V mit Schutzkontakt. Gültig ab 1. Januar 1933.
Der Wortlaut war veröffentlicht in ETZ 1931, S. 331 u. 648.
d) Vorschriften für elektrische Beleuchtungskörper für Nennspannungen bis 250 V. Gültig ab 1. Juli 1931.
Der Wortlaut war veröffentlicht in ETZ 1931, S. 330 u. 649.
e) Außerkraftsetzung nachstehender Arbeiten:
Vorschriften für Handgeräte mit Kleinstmotoren V.G.K.M./1930. Gültig ab 1. Januar 1930, angenommen durch die Jahresversammlung 1929, mit dem 1. Januar 1933, Sonderdruck VDE 350.
Vorschriften für die elektrische Ausrüstung von Stehlampen (Stehleuchter). Gültig ab 1. Juli 1926, angenommen durch die Jahresversammlung 1925, mit dem 1. Juli 1931, Sonderdruck VDE 333.
Vorschriften für die elektrische Ausrüstung von Beleuchtungskörpern für Spannungen bis 250 V. Gültig ab 1. Juli 1930, angenommen durch die Jahresversammlung 1928, mit dem 1. Juli 1931, Sonderdruck VDE 418.
Vorschriften für Geräte-Einbauschalter für Spannungen bis 250 V. Gültig ab 1. Juli 1929, angenommen durch die Jahresversammlung 1929, mit dem 1. Januar 1933, Sonderdruck VDE 444.

14. Ausschuß für den elektrischen Sicherheitsgrad.
Leitsätze für ruhende elektrische Kondensatoren in Starkstromanlagen. Gültig ab 1. Januar 1932.
Der Wortlaut war veröffentlicht in ETZ 1929, S. 34; 1931, S. 581.

15. Kommission für Isolierstoffe.

a) Leitsätze für die Bestimmung der Glutfestigkeit von Isolierstoffen. Gültig ab 1. Januar 1932.
Der Wortlaut war veröffentlicht in ETZ 1928, S. 805; 1931, S. 364.

b) Leitsätze zur Prüfung von Hartpapierplatten. Gültig ab 1. Januar 1932.
Der Wortlaut war angekündigt bzw. veröffentlicht in ETZ 1930, S. 692; 1931, S. 392.

c) Leitsätze zur Prüfung von gewickelten Hartpapierrohren mit kreisförmigem Querschnitt (Rundrohre). Gültig ab 1. Januar 1932.
Der Wortlaut war angekündigt bzw. veröffentlicht in ETZ 1930, S. 692; 1931, S. 423.

d) Leitsätze für die Prüfung und Lieferung von Asbestfabrikaten. Gültig ab 1. Januar 1932.
Der Wortlaut war veröffentlicht in ETZ 1931, S. 362 u. 780.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

SITZUNGSKALENDER.

Oberrhein. Elektrotechn. Verein Karlsruhe. — 17. VII. 1931, abds. 8 h, Grashof-Hörsaal der T. H.: Vortrag Dr. Jaensch, „Warum Käfigmotoren statt Schleifringmotoren?"

Deutsche Gesellschaft für technische Physik und Physikalische Gesellschaft zu Berlin. — 17. VII. 1931, ausnahmsweise abds. 6½ h, Berlin-Dahlem, Harnack-Haus, Ihnestraße 16 (Untergrundbahnhof Thielplatz): 1. A. Einstein, „Gedenkworte auf A. A. Michelson". 2. Vortrag R. W. Wood, „Magnetische Rotationsspektren von NO_2, selektive Temperatur-Emission (m. Experim.), stereoskopische Modelle der Elektronenbewegung beim Stark-Effekt, Absorptionsspektren von Lösungen farbiger Salze in flüssigem Ammoniak".

PERSÖNLICHES.

Auszeichnungen. — Geh. Hofrat Prof. Dr.-Ing. E. h. Johannes Görges, Ehrenmitglied des VDE und EV, wurde vom Verein deutscher Ingenieure gelegentlich der 75-Jahr-Feier dieses Verbandes zum Ehrenmitglied ernannt.

Die T. H. Hannover verlieh dem Direktor Hermann Reyß in Berlin, „dem erfolgreichen Wegbereiter der deutschen Elektrotechnik in Überseeländern", die Würde eines Dr.-Ing. E. h. — Dieselbe Hochschule ernannte Herrn Direktor Fritz Weißleder, Berlin, in Anerkennung seiner hervorragenden Verdienste um die technisch-wissenschaftliche Durchbildung und die praktische Anwendung der elektrischen Akkumulatoren zum Dr.-Ing. E. h.

LITERATUR.

Besprechungen.

Elektrowärme in Industrie, Haushalt und Gewerbe. Fachtagung der Vereinigung der Elektrizitätswerke e. V. anläßlich ihrer Hauptversammlung Berlin 1930. Herausg. v. d. Vereinigung der Elektrizitätswerke e. V. Mit zahlr. Abb. u. 116 S. in 4°. Selbstverlag Berlin W 62, Maaßenstr. 9. Preis kart. 10 RM.

Elektrowärme ist eine Sache, die noch vor 20 Jahren von den zünftigen Wärmetechnikern mit einem mitleidigen Achselzucken abgetan wurde. 1 Mill kcal, elektrisch erzeugt, kosteten 125 RM. Man legte sich damals die Frage vor: Wie können diese mit 40 RM durch Gas und mit 6 RM durch Kohle erzeugten gleich großen Wärmemengen konkurrieren? Wodurch ist nun der seitdem eingetretene Siegeszug der Elektrowärme zu erklären? Elektrizität ist im wahrsten Sinne des Wortes eine Edelkraft, die sich in edelster Weise, d. h. mit 100 % Nutzeffekt, in Wärme umwandeln läßt und eine Verwertung in wirtschaftlich edelsten Apparaten gestattet. Das sind eben Eigenschaften, hinter denen Gas und Kohle trotz ihrer großen Billigkeit zurückstehen müssen. Man stelle sich vor, daß der ganz einfache Haushaltsapparat, der Heißwasserspeicher, in 24stündiger Akkumulierungs- und Verbrauchsperiode bis 90 % Nutzeffekt zeigt; der alte Gas- und Kohlenboiler erreicht nicht einmal den zehnten Teil dieses Nutzeffektes. Ähnlich verhält es sich mit den meisten elektrowärmetechnischen Apparaten. Es war daher zu begrüßen, daß die Vereinigung der Elektrizitätswerke e. V. in einer besonderen Fachtagung anläßlich ihrer Hauptversammlung in Berlin 1930 eine Übersicht über die gewaltige Entwicklung der Elektrowärme gab. Der Bericht über diese Tagung liegt nun in einem Sonderheft vor, das in dem Verlag der Vereinigung erschienen ist. Der Bericht von nur 110 Druckseiten gibt ein Material von ungeahnter Vollständigkeit. Über 33 Vorträge, die jeder ein Sondergebiet behandeln, wird in Wort und Tabellen Bericht erstattet. Das gebotene Material ist so außerordentlich umfangreich, daß es unmöglich ist, im Rahmen dieser Besprechung auf die Einzelheiten einzugehen. Jeder Fachmann findet einen Schatz von Wissenswertem in dem Bericht; der letztere bildet ein Nachschlagewerk ganz besonderer Art über den gegenwärtigen Stand der Elektrowärme. Jedem, der sich für dieses Fach interessiert, kann die Anschaffung des Werkes dringend empfohlen werden.

A. Rittershausen.

Mercury arc power rectifiers, theory and practice. Von O. K. Marti u. H. Winograd. 1. Aufl. Mit 230 Abb. u. 473 S. in 8°. Verlag Mc Graw-Hill Publishing Co. Ltd., London 1930. Preis geb. 30 s.

Die Verfasser haben sich zur Aufgabe gestellt, eine Ableitung der Theorie der Gleichrichter zu geben und den gegenwärtigen Stand in der Entwicklung der Gleichrichter, unter besonderer Berücksichtigung der Eisengleichrichter und der Gleichrichter für Bahnanlagen, zu zeigen. Dies ist ihnen voll gelungen, das entstandene Buch enthält auf seinen 473 Seiten alles auf diesem Gebiet Wissenswerte. Nach einem kurzen geschichtlichen Überblick behandeln die Verfasser zunächst die physikalischen Erscheinungen der Gleichrichtung, um dann die allgemeinen Beziehungen zwischen Strömen, Spannungen, Transformatorleistungswerten usw. in übersichtlicher Weise abzuleiten. Ein durchgeführtes Berechnungsbeispiel sowie eine Übersichtstabelle der Berechnungsdaten für verschiedene Schaltungen die mit solcher Vollständigkeit noch in keiner anderen Arbeit zusammengestellt worden sind, bilden den Abschluß dieses Teiles. Bei der dann folgenden Beschreibung von ausgeführten Gleichrichteranlagen und Unterwerken sowie ihrer Nebenapparate, wobei auch vollselbsttätige Stationen und u. a. die Gleichrichteranlagen der Berliner Stadtbahn behandelt werden, wird leider zu wenig auf Gasgleichrichter eingegangen, obwohl diese doch in der letzten Zeit auch für größere Bahnanlagen verwendet worden sind. Sehr ausführlich ist die Behandlung der Schwachstrombeeinflussung, der Telephonstörungen und der Mittel zu ihrer Beseitigung, wo allerdings noch ein näheres Eingehen auf die durch Hochfrequenzschwingungen hervorgerufenen Rundfunkstörungen zu wünschen wäre. Ein vollständiges Literaturverzeichnis, das bis in den Anfang des Jahres 1930 reicht, bildet eine wertvolle Ergänzung des Textes. Das Buch dürfte auch für deutsche Leser, die sich einen Überblick über die Berechnung und Ausführung von Eisengleichrichter-Anlagen verschaffen wollen, von Wert sein.

H. Fröndt.

Verstöße gegen Sicherheit und Zweckmäßigkeit elektrischer Anlagen und über deren Bekämpfung. Von Ing. G. W. Meyer. Mit 48 S. in 8°. Meyer's techn. Verlag, Bodenbach a. Elbe 1931. Preis geh. 2,40 RM.

Das Buch bringt in kurzen Schlagworten die wesentlichsten Verstöße gegen Sicherheitsbestimmungen und behandelt weiter die Zweckmäßigkeit der Ausführung elektrischer Anlagen sowie die Bekämpfung der genannten Verstöße gegen Sicherheitsbestimmungen und gegen unzweckmäßige Errichtung. Weiter wird auf die dem Besitzer von Anlagen drohenden Schäden auf Grund der Klauseln in den Versicherungsbedingungen insofern hingewiesen, als sicherheitswidrige oder unzweckmäßig errichtete Anlagen leicht den Verlust von Entschädigungen seitens der Versicherungsgesellschaft nach sich ziehen können. Wie der Untertitel „Aus der Praxis für die Praxis" besagt, will das Buch Ratschläge eines Praktikers für andere im praktischen Leben stehende Personen erteilen.

Heym.

Grundlagen und Geräte technischer Längenmessungen. Von Prof. Dr. G. Berndt mit ein. Anhang von Dr. H. Schulz. 2. verm. u. verb. Aufl. Mit 581 Textabb., XII u. 374 S. in 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1929. Preis geb. 43,50 RM.

Die zweite Auflage dieses Buches stellt eine wesentliche Vermehrung und systematische Neuordnung der wichtigsten Abschnitte dar. Sie kann im Grunde genommen als ein neues Werk angesehen werden. Die rasche Entwicklung der Meßtechnik Hand in Hand mit der deutschen Normung verlangte das. Die Einführung des Austauschbaues in der Industrie und die Fortentwicklung der Meßtechnik sind untrennbar miteinander verknüpft. Mit der Einführung des Mikron als Einheit für technische Präzisionsmessung und mit der Übernahme desselben aus den wissenschaftlichen Instituten in die Meßräume der Werkstätten des Präzisions-Maschinenbaues war es notwendig, die Genauigkeit der Endmaße auf wenige Zehntausendstel zu garantieren. Dazu wurde eine Reihe neuartiger Meßgeräte gebraucht, die mit den neuzeitlichen Hilfsmitteln der Optik arbeiten. Einen lückenlosen Überblick über die Meßtechnik der Längenmessungen zu geben, war das Ziel der vorliegenden 2. Auflage.

Verfasser behandelt als ersten Abschnitt die geschichtliche Entwicklung des Meßwesens. Als nächster Abschnitt folgt der der Maßnormen von Strich- und Endmaßen nebst den Methoden ihrer Messung. Besondere Sorgfalt ist den für die Praxis wichtigen interferentiellen Meßmethoden gewidmet. Die technischen Meßgeräte mit Maßanzeige sowie die festen Lehren als Geräte ohne Maßanzeige bilden den Inhalt der weiteren Abschnitte. Anschließend folgt noch Behandlung der Meßhilfsmittel, z. B. Lineale, Tuschier- und Anreißplatten.

Im Anhang von Dr. H. S c h u l z ist die Beobachtung der bei Messungen nie ganz zu vermeidenden physiologischen Fehler, ferner die Zurückführung der Maßeinheit auf die Wellenlänge des Lichtes behandelt.

Übersieht man die außerordentliche Reichhaltigkeit des Stoffes und bedenkt, daß ein bemerkenswerter Teil der grundlegenden Arbeiten der Meßtechnik und der Passungsnormung auf den Arbeiten des Verfassers beruht und in den wenigen Jahren erst geschaffen werden mußte, so wird man den hohen technischen Wert der vorliegenden Neubearbeitung dieses Werkes würdigen können.

Eine dringende Mahnung für alle Stellen, die praktisch mit den Präzisionserzeugnissen der Industrie zu tun haben, wird noch zum Ausdruck gebracht, indem der Verfasser vor dem sog. Genauigkeitsfimmel warnt. Den Zahlenangaben mit übertriebener Genauigkeit fällt der Käufer in der Regel nur deshalb zum Opfer, weil er keine einwandfreie Möglichkeit der Nachprüfung hat.

So ist das Buch für den Leser wertvoll, weil es die Meßwerkzeuge, ihre Vorzüge und Fehler einer sachlichen Kritik unterzieht und dabei auch den Einfluß des Faktors „Mensch" gebührend berücksichtigt.

Das Werk stellt eine der besten Literaturquellen seiner Art dar und dürfte eine große Verbreitung in allen Fachkreisen finden. Druck, Abbildungen und Einband sind als vorzüglich zu bezeichnen. D r e s c h e r.

N e u e A W F - und V D M A - G e t r i e b e b l ä t t e r. Herausg. vom Ausschuß für wirtschaftliche Fertigung gemeins. m. dem Verein Deutscher Maschinenbau-Anstalten. Dinformat A 4 (210 × 297 mm). Beuth-Verlag G. m. b. H., Berlin 1931. Preis ausschließl. Versandkosten 0,60 RM.

Die vorliegenden neuen Getriebeblätter behandeln ebenso wie die früher erschienenen je eine Gruppe von Getrieben nicht nur nach wissenschaftlichen Gesichtspunkten, sondern stets im Hinblick auf ihre Nutzanwendung.

Das Getriebeblatt AWF 626 „S t u f e n l o s e W e c h s e l g e t r i e b e" gibt einen guten Überblick über dieses Sondergebiet. Interessant ist in AWF 627 „L e n k e r g e r a d f ü h r u n g e n", die Nebeneinanderstellung der Anwendung ähnlicher Getriebe im Meßinstrumentenbau, in der Kinotechnik und im Kranbau. Es ist auffallend, wie vielseitig ein so einfaches Getriebe wie die u m l a u f e n d e K u r b e l s c h l e i f e (AWF 628/29) in seiner äußeren Gestalt abgewandelt und angewendet werden kann. Bei den M a n g e l g e t r i e b e n (AWF 630), deren Name von der bekannten Wäschemangel hergeleitet ist, wurde den Stößen bei Bewegungsumkehr besondere Aufmerksamkeit gewidmet. Das Blatt AWF 631/32: R ä d e r t r i e b s c h a l t w e r k e enthält Angaben über den Aufbau und die Wirkungsweise sowie die Bewegungsverhältnisse an Malteserkreuzgetrieben, Zahntriebschaltwerken für Zählwerke, Sternradgetrieben u. dgl. mehr. Das letzte bisher erschienene Getriebeblatt AWF 633 behandelt die Hilfsmittel zur H u b ä n d e r u n g einer hin- und hergehenden Bewegung w ä h r e n d d e s G a n g e s.

Man kann nur wünschen, daß die Reihe der Blätter fortgesetzt wird, da sie dem Konstrukteur die Arbeit erleichtern und ihm wertvolles Material in die Hand geben. W. K r a s k a.

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Aus der Geschäftswelt. — Die jetzt dem Konzern der Standard Elektrizitäts-Gesellschaft AG. angehörende T e l e p h o n f a b r i k B e r l i n e r AG., Berlin-Steglitz, bezeichnet in ihrem Geschäftsbericht für 1930 den Umsatz in Rundfunkapparaten sowie den Verlauf des holländischen Geschäfts als zufriedenstellend, dagegen habe das gesamte deutsche Telephongeschäft (und auch das Schraubengeschäft) einen starken Rückgang aufzuweisen. Die Preise waren durchweg unbefriedigend, und da sich infolge der allgemeinen Preissenkung für Materialien und Halbfabrikate größere Abschreibungen auf die Lagervorräte notwendig machten, ergab sich bei 3 624 170 RM Einnahmen auf Fabrikationskonto (4 045 057 i. V.) und 9240 RM Überschuß aus Kapitalzusammenlegung ein Verlust von 351 141 RM, der vorgetragen wurde. Nach einer weiteren Bemerkung des Vorstandes hält der Rückgang des Umsatzes und der Preise an und hat sich seit Beginn des neuen Geschäftsjahres erheblich verschärft. Bei den von der Reichspost neuerdings durchgeführten Preisherabsetzungen wird es trotz Abbaus der Tariflöhne und schärfster Rationalisierungsmaßnahmen kaum möglich sein, einen angemessenen Nutzen herauszuwirtschaften. Das Grundkapital ist auf 2,970 Mill RM zusammengelegt worden. — Die C o n c o r d i a E l e k t r i z i t ä t s - AG., Düsseldorf, hat 1930 die Neueinrichtung ihrer Grubenlampenbetriebe in der Hauptsache zu Ende geführt. Die Einnahmen aus den Lampenwirtschaftsbetrieben sind wegen Stillegung von Kohlengruben und Verminderung der Belegschaften fast aller Zechen bedeutend gesunken, doch ließ sich das Auslandgeschäft gegenüber dem Vorjahr etwas verbessern. Bei einem Bruttonutzen von 377 581 RM (780 356 i. V.) ergibt sich ein Verlust von 57 964 RM, der mit dem des Vorjahres (105 474 RM) im Gesamtbetrag von 163 438 RM vorgetragen wurde. Die Gesellschaft verlegt ihren Sitz nach Dortmund. — Die P o r z e l l a n f a b r i k K a h l a sagt in ihrem Geschäftsbericht für 1930, daß im Hochspannungsporzellan die Produktion der Gesamtindustrie um etwa 36 % und ihre eigenen Umsätze im gleichen Verhältnis zurückgegangen seien. Der Rückgang im Niederspannungsporzellan betrug in der Gesamtindustrie etwa 25 %, bei der Berichterstatterin aber nur 11 %, so daß sie ihren Anteil an der Gesamterzeugung prozentual steigern konnte. Die auf diesem Gebiet schon bisher sehr unbefriedigende Preisbasis ist noch weiter im Absinken begriffen. — Der Umsatz der V e r e i n i g t e n I s o l a t o r e n w e r k e AG., Berlin-Pankow, ist 1930 infolge der schweren Wirtschaftskrisis erheblich kleiner gewesen. Die im Vorjahr erwähnte Beschränkung des Fabrikationsprogramms hat sich bewährt. Bruttogewinn: 304 074 RM (410 410 i. V.). Reingewinn: 42 792 RM (76 568 i. V.). Auf das Stammaktienkapital von 0,5 Mill. RM entfiel diesmal keine Dividende (6 % i. V.). — Aus dem Bericht der J u l i u s P i n t s c h AG., Berlin, für 1930 geht hervor, daß die Ausnutzung der Werksanlagen erheblich hinter der des Vorjahres zurückgeblieben ist und nur das Glühlampenwerk und die Seezeichenwerkstätten befriedigend gearbeitet haben.

Deutschlands elektrotechnischer Außenhandel[1]. — Im M a i 1931 war die Verteilung des Außenhandels im Rahmen des Tarifunterabschnitts 18 B folgende:

Waren	Mengen dz		Werte 1000 RM	
	Mai	Jan./Mai	Mai	Jan./Mai
Einfuhr:				
Elektrische Maschinen (einschl. Teile)	2 362	9 058	796	2 822
Elektrot. Erzeugnisse	2 206	12 284	1 893	12 642
Ausfuhr:				
Elektrische Maschinen (einschl. Teile)	20 122	122 457	5 649	35 202
Elektrot. Erzeugnisse	72 332	428 477	26 963	159 251

Die E i n f u h r hat sich gegen den April (4035 dz bzw. 2,580 Mill RM) um 533 dz (13 %) bzw. 0,109 Mill RM (4 %) erhöht, verglichen mit dem Parallelmonat des Vorjahres (6706 dz bzw. 3,678 Mill RM) aber um 2138 dz (32 %) und 0,989 Mill RM (27 %) verringert. Für die A u s f u h r ergibt sich in beiden Fällen eine Abnahme, u. zw. gegenüber dem Vormonat (100 287 dz bzw. 35,103 Mill RM) um 7833 dz (8 %) bzw. 2,491 Mill RM (7 %) und gegen den Mai 1930 (149 046 dz bzw. 48,954 Mill. RM) um 56 592 dz (38 %) bzw. 16,342 Mill RM (33 %). Die im Export einbegriffenen Reparationssachlieferungen betrugen im Berichtsmonat 4956 dz und wertlich 1,488 Mill RM. Während der abgelaufenen f ü n f M o n a t e war, verglichen mit der gleichen Periode des Vorjahres, die Einfuhr um 8716 dz (29 %) bzw. 2,691

[1] Vgl. ETZ 1930, S. 1023; 1931, S. 783.

Stat. Nr.	Erzeugnisse	Einfuhr in dz Mai 1931	Einfuhr in dz Januar/Mai 1931	Einfuhr in dz Januar/Mai 1930	Ausfuhr in dz Mai 1931	Ausfuhr in dz Januar/Mai 1931	Ausfuhr in dz Januar/Mai 1930
907 a	Lichtmaschinen und Lichtzündmaschinen für Motorfahrzeuge; Anlaßmotoren für Verbrennungsmotoren	9	224	184	242*	2 207*	3 194*
907 b/g	Dynamomaschinen, Elektromotoren, Umformer[1]; Transformatoren und Drosselspulen	2 316	8 432	13 468	18 547*	109 953*	158 599*
907 h	Fertig gearbeitete Anker, Kollektoren[2]	37	402	876	1 333*	10 297*	10 284*
908 a, b	Elektrizitätsammler, deren Ersatzplatten (Elektroden)	97	864	1 319	5 077*	23 133*	21 740*
909	Kabel zur Leitung elektrischer Ströme, zur Verlegung in Wasser oder Erde geeignet	431	1 887	3 029	31 243*	183 889*	223 566*
910 a/c	Bogenlampen, Quecksilberdampf-, Quarz- und ähnliche Lampen; Gehäuse dafür mit Glasglocken; Scheinwerfer, Reflektoren[3]	18	82	100	153	1 078*	1 415
911 a	Metallfadenlampen	190	1 128	1 055	544	3 485*	4 776*
911 b	Kohlenfaden-, Nernst- und andere Glühlampen	12	38	48	9	88	143
912 A1	Telegraphenwerke; Bestandteile davon	7	31	44	47	206	143
912 A2	Fernsprecher, Fernsprech-, Wand- und Tischstationen, Fernsprechvermittlungseinrichtungen; Bestandteile davon	46	199	150	1 212*	8 065*	9 870*
912 A3	Vorrichtungen für die drahtlose Telegraphie und Telephonie; Bestandteile davon	397	2 615	2 214	4 840*	31 792*	25 585*
912 A4	Meß-, Zähl- und Registriervorrichtungen, auch in Verbindung mit Uhrwerken; Bestandteile davon	103	634	827	1 938	10 184*	13 250*
912 B	Bügeleisen; in der Ausfuhr auch Bestandteile davon	—	40	—	562	2 940	3 518
912 C	Heiz-, Koch- und sonstige Wärmeapparate (ausgenommen 912 B); in der Ausfuhr auch Bestandteile davon	71	436	828	1 298*	6 825*	6 477
912 D	Röntgenröhren; in der Ausfuhr auch Bestandteile davon	3	20	13	30*	134*	122*
912 E	Magnetzündapparate und sonstige elektrische Zündsysteme sowie Teile davon (ausgenommen Magnete); elektrotechnisches Zubehör für Motorfahrzeuge	108	611	895	1 470*	7 266*	10 751*
912 F1	Sicherungs- und Signalapparate; Läutewerke; Bestandteile davon	15	65	55	958*	4 738*	4 721*
912 F2	Vorrichtungen für Beleuchtung, Kraftübertragung, Elektrolyse; Vorschalte- und Nebenschlußwiderstände; sonst. a. n. g. Vorrichtungen; Bestandteile davon[4]	653	3 266	4 188	18 047*	107 661*	136 688*
912 F3	Vorrichtungen für ärztliche oder zahnärztliche Zwecke; Bestandteile davon (ausgenommen 912 D)	42	263	253	1 242*	6 098*	6 875*
912 F4	Galvanische (auch Trocken-)Elemente, elektr. und galvanische Batterien; Thermoelemente; Bestandteile davon	13	88	143	1 720	19 268*	26 736*
912 F5	Isolationsrollen, -glocken, -knöpfe, Spulen, Taster, Schalter usw. aus Steingut, Porzellan oder Glas (ausgenommen 733 a)	—	15	363	[6]	[6]	[6]
912 F6	Isolationsgegenstände aus Asbest, Asbestpappe, Glimmer oder Mikanit für die Elektrotechnik (Schutzkasten usw.)	—	2	6	23	163	313
912 F7	Isolierröhren für elektr. Leitungen aus Papier oder Pappe und Verbindungsstücke dafür[5]	.	.	.	1 916	11 453*	14 893*
—	Elektrotechnische Erzeugnisse, unvollständig angemeldet	—	—	—	3	11	2
	Summe von Tarifunterabschnitt 18B: Menge in dz	4 568	21 342	30 058	92 454*	550 934*	683 661*
	Summe von Tarifunterabschnitt 18B: Wert in 1000 RM	*2 689*	*15 464*	*18 155*	*32 612**	*194 453**	*241 207**
648 a	Vorgepreßte Blöcke, Platten und Stangen aus Kohle für elektrotechnische Zwecke	12	82	150	2 607	8 844	4 492
648 b	Kohlenbürsten, Mikrophonkohlen usw.; Kohlenfäden für elektr. Beleuchtungskörper oder dgl., auch in Verbindung mit Platin	1	16	27	64	321	394*
648 c	Brennstifte für Bogenlampen	6	54	259	660	3 392	3 487
648 d	Elektroden	69	895	[10] 1 817	19 437	85 558	109 889
733 a	Porzellanisolatoren für Telegraphen- oder Fernsprechleitungen[7]	—	—	—	3 679*	21 911*	31 440*
740 a	Glühlampenkolben	9	51	140	1 095	6 684	6 451
783 c	Bearbeitete Teile von elektrischen Maschinen der Nrn. 907 a/g und von Erzeugnissen der Nrn. 907 h/911 b aus nicht schmiedbarem Gußeisen	25	90	611	[9]	[9]	[9]
799 c	dsgl. aus schmiedbarem Eisen	74	279	627			
890 a	Isolierter Draht aus unedlen Metallen für die Elektrotechnik	283	1 330	984	9 480*	57 870*	63 799*
915 b4	Elektrokarren[8]	.	.	.	153	832	229*

Mill. RM (15%) schwächer. Sie umfaßte 2338 Lichtmaschinen (2005 i. V.), 25 994 Dynamos, Elektromotoren usw. (38 560 i. V.), 4370 Bogen- usw. Lampen (2641 i. V.), 2,436 Mill Metalldrahtlampen (2,348 i. V.) und 82 300 Kohlefaden- usw. Lampen (90 100 i. V.). Die Ausfuhr weist ihrerseits einen Rückgang um 132 727 dz bzw. 46,754 Mill RM (je 19 %) auf. Die Reparationssachlieferungen stellten sich in diesem Zeitabschnitt auf 25 477 dz bzw. 9,392 Mill RM und der Absatz an das Ausland auf 26 126 Lichtmaschinen (35 630 i. V.), 281 249 Dynamos, Elektromotoren usw. (305 684 i. V.), 89 441 Bogen- usw. Lampen (14 663 i. V.), 21,263 Mill Metalldrahtlampen (26,843 i. V.) und 0,236 Mill Kohlefaden- usw. Lampen (0,426 i. V.). Als **Überschuß des Exports** ergeben sich 529 592 dz bzw. 178,989 Mill RM (653 603 dz bzw. 223,052 Mill RM i. V.).

[1] Quecksilberumformer s. Nr. 912 F 2. — [2] Die Ausfuhr umfaßt auch andere Teile von nicht vollständigen elektrischen Maschinen usw. — [3] Die Ausfuhr umfaßt auch Teile von Bogenlampen außer Brennstiften (648 c). — [4] Die Ausfuhr umfaßt auch Isolationsgegenstände aus Ambroid, Hartkautschuk usw. der Nr. 912 F 5 außer Isolationsglocken (733 a). — [5] Einfuhr nach Beschaffenheit. — [6] Isolationsglocken unter 733 a, andere Waren, auch aus Ambroid, Hartkautschuk usw., unter 912 F 2. — [7] Die Ausfuhr umfaßt Isolatoren aller Art (auch Isolationsglocken) aus Steingut oder Porzellan. — [8] Einfuhr unter 915 b (Last-, Liefermotorwagen). — [9] Für die Ausfuhr gelten die im Unterabschnitt 18 B bei den Maschinen angegebenen stat. Nrn. — [10] Berichtigte Zahl.

* Einschließlich der Reparationssachlieferungen.

Abschluß des Heftes: 11. Juli 1931.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 16 750 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

ETZ

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

Inhalt von Heft 30 der ETZ

Inhalt des neuesten Heftes des Archiv f. Elektrotechnik

30. HEFT · 52. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9
(953—984) 23. JULI 1931

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

52. Jahrgang — Berlin, 23. Juli 1931 — Heft 30

Vergleich der Wicklungserwärmungen elektrischer Maschinen, ermittelt aus Widerstandszunahme und Thermometermessung.

Von **P. Jacottet** und **F. Hillebrand**, Berlin.

Übersicht. Die Ergebnisse von Erwärmungsmessungen, welche an Wicklungen zahlreicher Maschinen der AEG und der SSW einmal nach der Methode der Widerstandszunahme, sodann nach dem Thermometer-Meßverfahren bestimmt wurden, werden hinsichtlich des Temperaturunterschiedes miteinander verglichen. Die Temperaturdifferenzen werden getrennt nach Maschinengattung und -wicklung als Häufigkeitskurven aufgetragen, der mittlere Temperaturunterschied sowie die Toleranz bestimmt. Der Vergleich zeigt für AEG- und SSW-Maschinen, daß im allgemeinen die Widerstandsmethode um etwa 8,5 ° höhere Erwärmungen liefert als die Thermometermessung. Die Streuung der einzelnen Differenzen um den Mittelwert beträgt durchschnittlich ± 15 °. Die IEC hat inzwischen auf Grund derartigen Materials als Differenz zwischen Widerstands- und Thermometermessung den ursprünglich vorgesehenen Temperaturunterschied von 5 ° auf 10 ° erhöht. Nur bei Feld- und Kompensationswicklungen mit geringem Widerstand sind für beide Meßmethoden im Einklang mit der statistischen Auswertung zahlreicher Versuchsergebnisse gleiche Grenzerwärmungen zugelassen.

1. Einleitung: Zweck der Untersuchung.

Gemäß den deutschen „Regeln für die Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen, R.E.M./1930" soll die Erwärmung von Maschinenwicklungen im allgemeinen aus der Widerstandszunahme und aus der Thermometermessung[1] bestimmt werden; für dauernd kurzgeschlossene

Abb. 1. Temperaturverteilung längs eines Leiters.

Abb. 2. Temperaturverteilung quer zum Leiterbündel.

Wicklungen wird nur die Thermometermessung angewandt. Hinsichtlich der Bewertung beider Meßmethoden besagen die R.E.M., daß als maßgebend für die Erwärmung der größere der beiden aus den verschiedenen Meßverfahren sich ergebenden Temperaturwerte anzusehen ist; demgemäß ist auch in der Tafel für die zulässigen Grenzerwärmungen für jede Wicklungsart und Isolationsklasse nur eine Grenztemperatur unabhängig vom Meßverfahren angegeben. Die „Regeln für elektrische Maschinen" der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) dagegen unterscheiden sehr wohl in der Bewertung der Erwärmungsmessung nach der Widerstands- oder Thermometermethode. Der Unterschied in den zugelassenen Grenzerwärmungen nach beiden Meßverfahren war in einem Entwurf der dritten Ausgabe der IEC-Maschinenvorschriften[1a] für die einzelnen Wicklungsarten verschieden, u. zw. bei Isolationsklasse A (Baumwolle, Seide, Papier und ähnliche Faserstoffe getränkt, in Füllmasse oder unter Öl, sowie Lackdraht) zu 5 °, für Isolationsklasse B (Glimmer- und Asbestpräparate und ähnliche mineralische Stoffe mit Bindemittel) zu 10 ° angegeben. Für die Erwärmungsbestimmung aus der Widerstandszunahme waren die höheren Erwärmungen zugelassen.

Der Grundgedanke der IEC-Regeln ist der, daß in erster Linie nur die Widerstandsmethode benutzt werden soll mit Ausnahme der Fälle, wo sie nicht anwendbar ist; hier soll die Erwärmung mit Thermometer bestimmt werden. Die Erwärmungsmessung nach der Widerstandsmethode wird gewöhnlich bei Feld- und Ständerwicklungen mit Ausnahme der Ständerwicklungen von Turbogeneratoren[2 u. 3] angewandt. Bei letzteren wird die Thermometermessung empfohlen, sie ist gleichfalls üblich bei Wicklungen mit geringem Widerstand und bei solchen Spulen, bei denen der Widerstand der Stirnverbindungen im Vergleich zum gesamten Wicklungswiderstand einen nicht unerheblichen Anteil besitzt, ferner bei Wendepol- und Kompensationswicklungen, einlagigen, ruhenden und umlaufenden Spulen.

Abb. 3. Gleichstrommaschinen (AEG), Leistung über 10 kW; Ankerwicklung.

Abb. 4. Gleichstrommaschinen (AEG), Leistung 10 ... 100 kW; Hauptpolwicklung (Nebenschluß).

Die vorliegende Untersuchung will nun eine vergleichende Gegenüberstellung der Ergebnisse von Erwärmungsmessungen bringen, welche nach beiden Verfahren an zahlreichen elektrischen Maschinen der verschiedenartigsten Gattung angestellt sind. Aus dem statistischen Vergleich soll beurteilt werden, inwieweit im Durchschnitt eine unterschiedliche Bewertung beider Meßmethoden berechtigt ist und wie groß der etwaige Temperaturunterschied bei den einzelnen Wicklungsarten im Mittel ausfällt.

2. Durchführung der Untersuchung: Statistische Auswertung von Prüffeld-Meßergebnissen.

In Abb. 1 ist der Verlauf der Wicklungserwärmung über die axiale Länge der Maschine schematisch dargestellt. In der Mitte des Eisenpaketes besitzt das Kupfer seine höchste Temperatur, während die Erwärmung nach beiden Enden des Eisenpaketes allmählich abnimmt; in den im Kühlmittel befindlichen Stirnverbindungen tritt ein weiterer Temperaturabfall ein. Durch die Widerstandsmethode wird nun ein gewisser Mittelwert der Erwärmung längs des Kupferleiters gemessen, wie er gleichfalls in Abb. 1 angedeutet ist. Abb. 2 zeigt die Temperaturverteilung quer zu einem Leiterbündel und den Temperaturabfall im Kühlmittel. Die Thermometermeßmethode ergibt nun nach Abb. 2 einen mittleren Temperaturwert zwischen der Kupfertemperatur am äußeren Leiter und der Kühllufttemperatur.

[1] Sie soll an der „vermutlich heißesten Stelle" ausgeführt werden.
[1a] IEC Rules for Electrical Machinery, 3rd Edition, 1930, 2 (Secretariat) 212 Proof, London.

[2] Die R. E. M. haben diese Einschränkung nicht.
[3] Eine weitere Ausnahme bilden die Ständerwicklungen, in denen Thermodetektoren eingebaut sind.

Durch wärmeisolierende Umhüllung des Thermometers sucht man möglichst nahe an die Kupfertemperatur heranzukommen. Im allgemeinen wird man nach dem Widerstandsmeßverfahren höhere Erwärmungen als nach der Thermometermethode erhalten, da die letztere nur die örtliche Erwärmung an einer zugänglichen Stelle der Wicklung nach Abb. 2 mißt, während die erstere einen Mittelwert aus der gesamten Kupfererwärmung gibt. Um die Unterschiede in beiden Erwärmungsmeßmethoden statistisch beurteilen zu können, haben die AEG und die SSW aus ihren Prüffeldprotokollen umfangreiches Material für einen Vergleich zur Verfügung gestellt.

Abb. 5. Gleichstrommaschinen (AEG), Leistung 10 ... 100 kW; Wendepolwicklung.

Abb. 6. Gleichstrommaschinen (AEG), Leistung über 100 kW; Hauptpolwicklung (Nebenschluß).

Abb. 7. Gleichstrommaschinen (AEG), Leistung über 100 kW; Wendepolwicklung.

Die Temperaturdifferenzen, die sich aus beiden Meßmethoden ergeben, sind für die einzelnen Wicklungen einer Maschinengattung getrennt zu Häufigkeitskurven aufgetragen, u. zw. als Abszissen die Temperaturunterschiede, als Ordinaten die Anzahl der in ein bestimmtes Temperaturintervall fallenden Meßwerte. Für dieses Intervall wurden 1 ... 2 °C und bei sehr zahlreichen und stark streuenden Meßwerten 5 °C gewählt. Bei allen Häufigkeitskurven wurde der arithmetische Mittelwert der Temperaturdifferenzen einer großen Anzahl von Versuchsergebnissen festgestellt und sodann als Maß der Streuung, welche die einzelnen Temperaturdifferenzen um ihren Mittelwert besitzen, die t e c h n i s c h e T o l e r a n z[4] ϑ rechnerisch ermittelt aus

Abb. 8. Gleichstrommaschinen (AEG), Leistung über 10 kW, Reihenfeldwicklung

Abb. 9. Mittelgroße Asynchronmaschinen (AEG), Ständerwicklung.

Abb. 10. Mittelgroße Asynchronmaschinen (AEG), Läuferwicklung.

$$\vartheta = 2\sqrt{\frac{\sum \delta^2}{n-1}}. \qquad (1)$$

[4] Vgl. R. Rüdenberg, Z. angew. Math. u. Mech. Bd. 9, S. 318 (1929); ausführl. Referat: ETZ 1930, S. 599.

Hierbei bedeuten $\sum \delta^2$ die Summe über die Quadrate der Abweichungen δ der einzelnen Temperaturdifferenzen vom arithmetischen Mittelwert und n die Anzahl der aufgenommenen Meßwerte. Die berechnete Toleranz wurde jedesmal in die Häufigkeitskurven eingetragen.

Die seitens der AEG zur Verfügung gestellten Meßergebnisse beziehen sich auf kleinere, mittelgroße und große G l e i c h s t r o m m a s c h i n e n für Leistungen von 10 bis 100 kW und darüber. Die Erwärmungsmessungen wurden an Anker-, Hauptpol- und Wendepolwicklungen ausgeführt. Für die verschiedenen Wicklungen lagen je 35 ... 125 Meßergebnisse nach beiden Methoden vor. Sodann wurden die mittleren Erwärmungsunterschiede an Ständer- und Läuferwicklungen von etwa 60 mittelgroßen A s y n c h r o n - und rd. 50 S y n c h r o n m a s c h i n e n mittlerer Größe festgestellt und die Toleranzen hierfür ermittelt.

Abb. 11. Mittelgroße Synchronmaschinen (AEG), Ständerwicklung.

Abb. 12. Mittelgroße Synchronmaschinen (AEG), Läuferwicklung.

Abb. 3 ... 12 zeigen diese Häufigkeitskurven für den Temperaturunterschied nebst Mittelwert und Toleranz. Es ergibt sich, daß im allgemeinen die Widerstandsmethode höhere Erwärmungen anzeigt als die Thermometermethode, bis auf die Hauptpol- und Wendepolwicklungen mittelgroßer Gleichstrommaschinen, bei denen der Mittelwert aus der Thermometer- und Widerstandsmessung nahezu gleich ist. Bei den Wendepolwicklungen ist dieser Umstand leicht dadurch zu erklären, daß die vom Ankerstrom durchflossene Spule große Querschnitte aufweist und außerdem meist blank gewickelt ist; daher sind die Kühlverhältnisse günstig, und vor allem besitzt am gesamten Widerstand der Wicklung der Widerstand der Stirnverbindungen einen beträchtlichen Anteil. Aus diesem Grunde wird man mit dem Thermometer, welches dicht an der Wicklung anliegt, ungefähr die mittlere Spulenerwärmung messen, die sich ebenfalls durch die Widerstandsmethode ergibt. Bei den Feld-

Abb. 13. Häufigkeitskurve für die Temperaturdifferenz bei Erwärmungsbestimmung aus der Widerstandszunahme und Thermometermessung, ausgeführt an Wicklungen der verschiedenartigsten Maschinengattungen der AEG.

Abb. 14. Gleichstrommaschinen (SSW), Leistung 5 ... 520 kW; Ankerwicklung.

wicklungen größerer neuzeitlicher Gleichstrommaschinen ist die kühlende Oberfläche ebenfalls bedeutend größer als z. B. bei den Ständerwicklungen von Wechselstrommaschinen, welche eine größere axiale Maschinenlänge besitzen. Zudem sind die Hauptpolwicklungen von Gleichstrommaschinen reichlich mit Kühlschlitzen versehen, so daß die Wickelbreiten der unterteilten Spulen relativ gering sind

Abb. 15. Gleichstrommaschinen (SSW), Leistung 5 ... 520 kW; Hauptpolwicklung.

und somit kein großer Temperaturunterschied zwischen Mitte und Ende des Querschnittes einer Teilspule besteht. Infolgedessen geben auch hier Widerstands- und Thermometer-Meßverfahren ungefähr gleiche Werte für die Erwärmung.

Der Übersicht halber sind in Zahlentafel 1 nach Maschinengattung und Art der Wicklung getrennt die mittleren Temperaturunterschiede beider Meßmethoden zusammengestellt, die sich nach Auswertung der Prüffeldprotokolle der AEG ergaben. Auffällig ist bei dem Vergleich beider Meßverfahren die große Streuung der einzelnen Temperaturdifferenzen um den Mittelwert, die bis zu ± 17° betragen kann. Die großen Toleranzwerte sind natürlich begründet in verschiedenen Ungenauigkeiten, die beide Meßverfahren mit sich bringen. Genannt seien hier unumgängliche Fehler in der Thermometerablesung, die z. T. von der Person des Beobachters abhängen, Schwierigkeiten des richtigen Einbringens der Thermometer, verschiedener Temperaturabfall in der Isolation je nach Art und Stärke des Isoliermaterials, ferner Verschiedenheit der Kühl- und Belüftungsverhältnisse u. dgl. m.

Zahlentafel 1. Unterschied in der Erwärmung, ermittelt aus Widerstands- und Thermometermessung nach Prüffeldversuchen der AEG.

Maschinengattung	Leistungsbereich	Art der Wicklung	Temperaturdifferenz aus Widerstands- und Thermometermethode: mittl. Temp.-Diff. °C	Toleranz °C
Gleichstrommaschinen	über 10 kW	a) Anker	11,8	± 16,0
	10 ... 100 kW	b) Hauptpol (Nebenschluß)	12,6	± 13,4
	10 ... 100 kW	c) Wendepol	16,6	± 16,8
	über 100 kW	a) Hauptpol (Nebenschluß)	0,8	± 10,1
	über 100 kW	b) Wendepol	0,3	± 13,5
	über 10 kW	c) Reihenfeld	6,7	± 15,3
Drehstrom-Asynchronmaschinen	(mittelgroß)	a) Ständer	7,5	± 11,3
	„	b) Läufer	9,6	± 15,2
Drehstrom-Synchronmaschinen	(mittelgroß)	a) Ständer	6,8	± 11,1
	„	b) Läufer	13,2	± 17,2

Abb. 16. Gleichstrommaschinen (SSW), Leistung 5 ... 520 kW; Wendepolwicklung.

Abb. 17. Gleichstrommaschinen (SSW), Leistung 10 ... 1500 kW; Ankerwicklung.

Abb. 18. Gleichstrommaschinen (SSW), Leistung 10 ... 1500 kW; Hauptpolwicklung.

Abb. 19. Gleichstrommaschinen (SSW), Leistung 10 ... 1500 kW; Wendepolwicklung.

Abb. 20. Asynchronmotoren mit Schleifringläufer (SSW), Leistung 4 ... 175 kW; Ständerwicklung.

Abb. 21. Asynchronmotoren mit Schleifringläufer (SSW), Leistung 4 ... 175 kW; Läuferwicklung.

Abb. 22. Asynchronmotoren mit Kurzschlußläufer (SSW), Leistung 4,5 ... 80 kW; Ständerwicklung.

In Abb. 13 sind noch die auf sämtliche Maschinenwicklungen bezogenen Unterschiede in der aus Widerstands- und Thermometermethode ermittelten Erwärmung als Häufigkeitskurve aufgetragen. Hierbei ergibt sich, daß für die von der AEG zur Verfügung gestellten Meßergebnisse im Mittel die Widerstandsmethode um 8,5° höhere Erwärmungen angibt als die Thermometermethode, während die Toleranz der Streuung um den Mittelwert ± 17,2° beträgt.

Ähnliche Untersuchungen wurden für die verschiedenartigsten Maschinen angestellt, die im Laufe der letzten Jahre von den Siemens-Schuckertwerken geliefert wurden. Die Erwärmungsmessungen wurden ausgeführt an Anker-, Hauptpol- und Wendepolwicklungen von Gleichstrommaschinen (Leistungsbereich 5 ... 520 kW), die im Nürnberger Werk hergestellt wurden, ferner an Wicklungen vom Dynamowerk gelieferter Gleichstrommaschinen für Leistungen von 10 ... 1500 kW und an Einankerumformern zwischen 50 und 2000 kW. Ferner wurden die nach beiden Meßmethoden sich ergebenden Erwärmungen ermittelt für Ständer- und Läufer-

Abb. 23. Kleine u. mittlere Drehstromgeneratoren (SSW), Leistung 10 ... 640 kVA; Ständerwicklung.

Abb. 24. Drehstrom-Schenkelpolgeneratoren (SSW), Leistung 200 ... 2800 kVA; Ständerwicklung.

wicklungen von Drehstrom-Asynchronmotoren mit Kurzschluß- und Schleifringanker von 4 ... 175 kW sowie an Ständerwicklungen von Synchrongenerato-

Abb. 25. Drehstrom-Turbogeneratoren (SSW), Leistung 940 ... 55000 kVA; Ständerwicklung.

ren von 10 ... 640 kVA. Die Angaben hierfür stellte das Nürnberger Werk zur Verfügung. Schließlich wurden Prüffeldmessungen des Dynamowerks, die sich auf die Erwärmung der Ständerwicklung von Schenkelpol- und Turbogeneratoren (200 ... 55 000 kVA) beziehen, bezüg-

Zahlentafel 2. Unterschied in der Erwärmung, ermittelt aus Widerstands- und Thermometermessung nach Prüffeldversuchen der SSW.

Maschinengattung	herstellendes Werk	Maschinenleistung	Art der Wicklung	Temperaturdifferenz aus Widerstands- und Thermometermethode: mittl. Temp.-Diff. °C	Toleranz °C
Gleichstrommasch.	Nürnberger Werk	5 ... 520 kW	a) Anker b) Hauptpol c) Wendepol	11,3 10,5 6,4	± 12,3 ± 13,9 ± 10,6
Gleichstrommasch.	Dynamowerk	10 ... 1500 kW	a) Anker b) Hauptpol c) Wendepol	9,9 —0,5 —2,2	± 20 ± 17,4 ± 19,3
Drehstrom-Asynchronmotoren mit Schleifringläufer	Nürnberger Werk	4 ... 175 kW	a) Ständer b) Läufer	9,2 8,2	± 8,2 ± 9
dgl. mit Kurzschlußläufer	Nürnberger Werk	4,5 ... 80 kW	Ständer	6	± 6,9
Drehstrom-Gen.	Nürnberger Werk	10 ... 640 kVA	Ständer	14,7	± 12,3
Drehstrom-Schenkelpol-Gen.	Dynamowerk	200 ... 2800 kVA	Ständer	8,3	± 17,9
Drehstrom-Turbogeneratoren	Dynamowerk	940 ... 55 000 kVA	Ständer	14,1	± 11
Einankerumformer	Dynamowerk	50 ... 2000 kW	a) Anker b) Hauptpol c) Wendepol	8,1 8,7 6,1	± 17,5 ± 9,9 ± 15,3

lich der Differenz beider Meßmethoden in Vergleich gesetzt. Bei den kleineren und mittelgroßen Maschinen wurde die Erwärmung bei Nennlast ermittelt, bei den größeren, wo eine Prüfung bei voller Belastung im Prüffeld unmöglich war, wurde die zu erwartende Nennlasterwärmung aus Leerlauf- und Kurzschluß-Dauerprobe umgerechnet. Der Vergleich wurde im allgemeinen für 20 ... 30 ... 50 Maschinen je einer Gattung durchgeführt.

Abb. 14 ... 28 zeigen wieder die Häufigkeitskurven für die Abweichung der aus beiden Meßverfahren ermittelten Erwärmung nebst Mittelwert und Toleranz. Zahlentafel 2 gibt eine Übersicht über die Temperaturdifferenzen und Streuungen getrennt nach Maschinengattung und Wicklungsart für die an den SSW-Maschinen angestellten Erwärmungsmessungen. Auch hier zeigt sich, daß die Widerstandsmethode im allgemeinen um 7 bis 14° höhere Mittelwerte ergibt als die Thermometermethode. Eine Ausnahme bilden wiederum die Wendepol- und Hauptpolwicklungen mittelgroßer Gleichstrommaschinen, wo beide Meßverfahren gleiche Erwärmungen ergeben; dies steht in voller Übereinstimmung mit den Ergebnissen aus den Untersuchungen der AEG. Die einzelnen Temperaturdifferenzen streuen auch bei den SSW-Maschinen sehr stark um ihren Mittelwert (bis zu ± 20° Toleranz)

Abb. 26. Einankerumformer (SSW), Leistung 50 ... 2000 kW; Ankerwicklung.

in qualitativ und quantitativ guter Übereinstimmung mit den Messungen an den AEG-Maschinen.

In Abb. 29 wurden schließlich noch sämtliche auf Grund von Prüffeldunterlagen der SSW ausgewerteten

Abb. 27. Einankerumformer (SSW), Leistung 50 ... 2000 kW; Hauptpolwicklung.

Abb. 28. Einankerumformer (SSW), Leistung 50 ... 2000 kW; Wendepolwicklung.

Temperaturdifferenzen, die sich nach Widerstands- und Thermometermethode ergaben, ohne Rücksicht auf Maschinengattung und Wicklung zu einer gemeinsamen Häufig-

$\Delta\tau = \tau_w - \tau_{th}$ Temperaturdifferenz nach beiden Methoden
τ_{th} Temperaturzunahme nach Thermometermethode
τ_w Temperaturzunahme nach Widerstandsmethode
$\Delta\tau_m$ mittlere Temperaturdifferenz
ϑ technische Toleranz
τ_0 Temperaturkonstante

Abb. 29. Häufigkeitskurve für die Temperaturdifferenz bei Erwärmungsbestimmung aus der Widerstandszunahme und der Thermometermessung, ausgeführt an Wicklungen der verschiedenartigsten Maschinengattungen der SSW. Ersatz der Häufigkeitskurve durch das Gaußsche Fehlergesetz.

keitskurve aufgetragen. Die mittlere Abweichung beider Meßverfahren, bezogen auf sämtliche Meßwerte, ergab sich rechnerisch zu $\Delta\tau_m = 8{,}2°$. Man sieht, daß sich die Häufigkeitskurve in Abb. 29 schon recht gut dem Gaußschen Fehlergesetz nähert. Bezeichnet man mit $\Delta\tau$ die einzelnen

Temperaturunterschiede zwischen Widerstands- und Thermometermessung, so lautet die Gleichung der Gaußschen Fehlerkurve

$$f(\Delta t) = e^{-\left(\frac{\Delta \tau - \Delta \tau_m}{\tau_0}\right)^2}, \tag{2}$$

wobei die Scheitelhöhe zu 100 % gewählt ist und τ_0 eine Temperaturkonstante bedeutet; sie gibt den Abstand der Scheitelordinate von derjenigen Ordinate an, deren Höhe die $1/e$-fache Scheitelhöhe der Glockenkurve besitzt. Für den vorliegenden Fall ließ sich der aus den Versuchsergebnissen aufgetragene gezackte Linienzug für die Häufigkeit recht gut durch eine Gaußsche Kurve mit der Temperaturkonstanten $\tau_0 = 9{,}6°$ und mit der Scheitelhöhe 100 % = 23 ersetzen (Abb. 29). Die technische Toleranz für die Streuung um den arithmetischen Mittelwert der Temperaturdifferenz 8,2° ist definiert durch den gegenseitigen Abstand der beiden Wendepunkte der Fehlerkurve. Es ergibt sich eine Toleranz von $\vartheta = \pm 13{,}6°$.

Vergleicht man die in Abb. 13 für sämtliche Erwärmungsmessungen der AEG gezeichnete Häufigkeitskurve mit dem in Abb. 29 für die gesamten Messungen der SSW aufgetragenen Häufigkeitsgesetz, so erkennt man, daß die mittlere Temperaturdifferenz in beiden Fällen nahezu denselben Wert besitzt und daß die Toleranzen für die Streuung der einzelnen Differenzen befriedigend übereinstimmen.

3. Ergebnis, Folgerungen.

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung wurden von den Vertretern des Deutschen Kommittees der IEC anläßlich der vorjährigen Volltagung der IEC in Stockholm[5] als Diskussionsunterlage bei den Verhandlungen des Maschinenkommittees vorgelegt. Als mittlerer Unterschied zwischen den Temperaturangaben nach der Methode der Widerstandszunahme und nach dem Thermometermeßverfahren wurde von der Versammlung auf Grund derartiger Untersuchungen 10 °C für Isolationsklasse A, 15 °C für Isolationsklasse B festgelegt. Die jetzige Tafel der Wicklungsgrenzerwärmungen nach IEC[6] läßt also für Isolationsklasse A bei Widerstandsmessung um 10 °C, bei Isolationsklasse B um 15 °C höhere Erwärmungen zu als nach der Thermometermessung, während die Unterschiede in der früheren Fassung der IEC-Regeln nur 5 bzw. 10 °C betrugen. Bei Feld- und Kompensationswicklungen mit geringem Widerstand dagegen sind für Widerstands- und Thermometermethode gleiche Grenztemperaturen vorgesehen, da für diese Wicklungen im Einklang mit der hier angestellten statistischen Untersuchung beide Meßverfahren im allgemeinen nahezu gleiche mittlere Erwärmungen ergeben.

[5] ETZ 1930, S. 1349, 1381, 1413 u. 1418.
[6] IEC Rules for Electrical Machinery, 3rd Edition 1930, Publication 34, London.

Über die Bemessung verzerrungsfreier Großleistungs-Endstufen.

Von **Albrecht Forstmann**, Berlin.

Übersicht. Nach Angabe der die Größe der maximal abgebbaren Leistung allgemein bestimmenden Beziehungen werden Bedingungen für die Vermeidung von Verzerrungen aufgestellt. Im Anschluß hieran wird die Größe der abgebbaren Leistung in Abhängigkeit von der angewandten Schwingungsform untersucht, wobei sich für nichtlineare Schwingungen günstigere Bedingungen ergeben als für lineare. Zum Schluß wird die Bemessung des Ausgangskreises unter Verwendung eines Ausgangstransformators untersucht und Bedingungen für die Vermeidung von Verzerrungen angegeben.

Endverstärker, die im Ausgangskreis große unverzerrte Leistungen abzugeben vermögen, haben in den letzten Jahren ein großes Anwendungsgebiet gefunden. Wenn nun auch eine Reihe von Einzeluntersuchungen insbesondere der jüngsten Zeit zu klaren Ergebnissen hinsichtlich wichtiger Fragen, wie der Vermeidung sowohl nichtlinearer[1] als auch linearer Verzerrungen[2] und der einer Röhre überhaupt entnehmbaren Leistungen[3], geführt haben und schließlich auch eine scharf trennende Formulierung der bei der Leistungsabgabe durch eine Röhre möglichen Einzelprobleme erfolgte[4], so erscheint es mit Rücksicht auf das große Anwendungsgebiet von Großleistungsverstärkern doch zweckmäßig, unter Berücksichtigung der Ergebnisse der verschiedenen Einzeluntersuchungen eine zusammenfassende Behandlung aller hier wichtigen Fragen vorzunehmen und nach Ableitung der grundsätzlichen Beziehungen für den praktischen Gebrauch geeignete einfache Grundlagen zu geben.

I. Grundlegendes über die Leistungsabgabe.

1. Die Begrenzung der abgebbaren Leistung.

Die maximal von einer Röhre abgebbare Leistung ist unabhängig von den jeweiligen besonderen Bedingungen bei der Leistungsabgabe begrenzt durch die für die Röhre maximal zulässige Anodenbelastbarkeit bzw. genauer die im Rahmen dieser Anodenbelastbarkeit maximal zulässige Anodenruhespannung, die ihrerseits von Vakuum und Isolation (diese besonders durch den Aufbau der Röhre bestimmt) abhängig ist[5].

Die maximale Anodenbelastbarkeit ist diejenige Wärmemenge, die ohne Schädigung für die Röhre auf ihrer Anode entstehen kann. Die maximale Anodenbelastbarkeit, in Verbindung mit der maximal zulässigen Anodenruhespannung, ist daher mit Rücksicht auf die maximal erzielbaren Leistungen die wichtigste Röhrenkonstante[6].

Fließt im Anodenkreis der Röhre nur ein Gleichstrom — dieser Zustand sei als Ruhezustand bezeichnet —, so ist die Anodenbelastung mit der Gleichstromleistung identisch, sie ist also eine Gleichstromleistung und gegeben zu

$$N_{v_0} = N_{0_s} = U_{a_0} I_{a_0}, \tag{1}$$

wobei U_{a_0} die Ruhespannung an der Anode und I_{a_0} den Anodenruhestrom bedeuten. Wird nun durch Steuerung des Anodenstromes mit einer Wechselspannung am Gitter an einen im Anodenkreis liegenden Widerstand eine Wechselstromleistung abgegeben, so vermindert sich die jeweils aufgewandte Gleichstromleistung um die abgegebene Wechselstrom-Wirkleistung, und die auf der Anode vernichtete Leistung ist dann gegeben zu

$$N_{v_A} = \frac{1}{T}\int_0^T u_a\, i_a \,\mathrm{d}t = N_{0_A} - |\mathfrak{N}| \cos(\varphi_i - \varphi_0) \tag{2}$$

bzw., wenn der im Anodenkreis liegende Widerstand ein reiner Wirkwiderstand ist, zu

$$N_{v_A} = N_{0_A} - N. \tag{3}$$

Die von der Röhre jeweils abgebbare Leistung ist dann gegeben zu

$$N \leq N_{0_A} - N_{v_{max}}, \tag{4}$$

wobei N_{0_A} die aufgewandte Gleichstromleistung und $N_{v_{max}}$ die maximal zulässige Anodenbelastbarkeit sind.

Da im Ruhezustand eine Leistung an den äußeren Kreis nicht abgegeben wird, so ist die maximal zulässige Gleichstrom-Ruheleistung begrenzt zu

$$N_{0_s} \leq N_{v_{max}}. \tag{5}$$

[1] E. W. Kellogg, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 44, S. 490 (1925). K. Küpfmüller, VDE-Fachberichte 1926, S. 87. A. Forstmann und E. Schramm, Die Elektronenröhre, S. 115; Berlin 1927. M. v. Ardenne, Z. Techn. Phys. Bd. 8, S. 235 (1927). W. Janovsky, El. Nachr. Techn. Bd. 6, S. 421 (1929).
[2] Brit. Patent Nr. 303 177 v. 20. XII. 1928. A. Forstmann und H. Reppisch, Der Niederfrequenzverstärker, S. 345; Berlin 1928. A. Forstmann, Z. Hochfrequenztechnik Bd. 31, S. 45 (1928). H. Rukop, Z. Hochfrequenztechnik Bd. 32, S. 68 (1928). B. D. H. Tellegen, Z. Hochfrequenztechnik Bd. 31, S. 183 (1928).
[3] H. Barkhausen, Elektronen-Röhren Bd. 2, S. 10; Leipzig 1925. Kellogg, Forstmann und Forstmann u. Reppisch, wie Fußnote 2. C. R. Hanna, L. Sutherlin u. C. B. Upp, Proc. Inst. Radio-Engs. Bd. 16, S. 462 (1928). H. Bartels, El. Nachr. Techn. Bd. 6, S. 9 u. 182 (1929). A. Forstmann, El. Nachr. Techn. Bd. 7, S. 203 (1930).
[4] A. Forstmann, Z. Hochfrequenztechnik Bd. 35, S. 109 (1930).
[5] Forstmann u. Reppisch, wie Fußnote 2. Vgl. a. Hanna, Sutherlin u. Upp, Fußnote 3.
[6] H. G. Möller, Die Elektronenröhren, 2. Aufl., S. 92; Braunschweig 1922.

Die abgegebene Wechselstromleistung muß von der aufgewandten Gleichstrom-Arbeitsleistung aufgebracht werden. Je nachdem wie diese ausgenutzt wird läßt sich ein maximaler Wirkungsgrad definieren zu

$$\eta_0 = \frac{N}{N_{0A}}. \tag{6}$$

Da die abgebbare Wechselstromleistung von der maximalen Anodenbelastbarkeit abhängt, so läßt sich auch in bezug auf diese ein Wirkungsgrad definieren zu

$$\eta_v = \frac{N}{N_{v_{\max}}}. \tag{7}$$

Ist $N'_{\max}$ die überhaupt erreichbare Maximalleistung, so läßt sich weiterhin ein Wirkungsgrad der Schaltung definieren zu

$$\eta'_S = \frac{N}{N'_{\max}}, \tag{8}$$

und, wenn $N_{\max}$ die bei der maximal anwendbaren Anodenspannung erreichbare Leistung ist, schließlich noch ein relativer aber praktisch realisierbarer Wirkungsgrad der Schaltung zu

$$\eta_S = \frac{N}{N_{\max}}. \tag{9}$$

Die jeweils erreichbaren Wirkungsgrade sind nicht nur von Betriebsbedingungen, sondern auch davon abhängig, ob lineare oder nichtlineare Schwingungen[7] angewandt werden, wobei unter linearen Schwingungen solche verstanden werden, bei denen sinusförmige Gitterwechselspannungen ihre Form im Anodenkreis bewahren, während dies bei nichtlinearen Schwingungen nicht der Fall ist. Letztere Schwingungsform kann nur bei Benutzung der Gegentaktschaltung unter bestimmten Betriebsbedingungen angewandt werden, da sonst nichtlineare Verzerrungen entstehen würden.

2. Die Vermeidung nichtlinearer Verzerrungen.

Eine andere Art der Begrenzung der abgebbaren Leistung ist gegeben durch die nicht aussteuerbaren Kennliniengebiete, d. h. die im Gebiet positiver Gitterspannung und im gekrümmten Teil liegenden Kennlinienteile. Hinsichtlich der ersteren Begrenzung besteht die Bedingung

$$U_{g_{\max}} \leq \varepsilon, \tag{10}$$

d. h. das positivste im Betrieb auftretende Gitterpotential darf nicht größer sein als das Potential ε, bei dem ohne Belastung des Gitterkreises ein Strom von

$$I_g \leq 10^{-7}\,\mathrm{A}$$

fließen würde. Weiterhin sind Bedingungen anzugeben, wie weit der untere gekrümmte Teil der Kennlinie ausgesteuert werden darf. Zur Feststellung der bei Aussteuerung nichtlinearer Kennlinienteile auftretenden Verzerrungen hat man das Verhältnis der Energie der entstehenden Oberschwingungen zur Grundschwingung herangezogen[8] und hierfür ein Maximum angegeben. Die Wurzel aus diesem Verhältnis bezeichnet man als Klirrfaktor[8], dieser ist dann

$$k = \frac{\sqrt{A_2^2 + A_3^2 + \ldots}}{A_1}. \tag{11}$$

Es ist ausreichend, wenn man nur die erste Oberschwingung berücksichtigt[9], die Größe der nichtlinearen Verzerrung ist dann unter Berücksichtigung des Klirrfaktors gegeben zu

$$v_n = \frac{1}{S}\,\frac{dS}{dU_g}\,\frac{\mathfrak{U}_g}{4} = p\,\frac{\mathfrak{U}_g}{4} \tag{12}$$

oder für beliebige Belastung des Anodenkreises $|\mathfrak{R}_a| = n\,R_i$ zu

$$v_n = \frac{p}{(n+1)}\,\frac{\mathfrak{U}_g}{4}. \tag{13}$$

Die jeweils anwendbaren Gitterwechselspannungen und hieraus die entsprechenden Aussteuerbereiche der Kennlinie lassen sich hieraus leicht ermitteln[10].

Es erscheint hier jedoch einfacher, den Aussteuerbereich durch das in Abb. 1 wiedergegebene graphische Verfahren zu ermitteln, welches völlig ausreichende Bedingungen ergibt. Man legt im Stromwert I_{a_ε} eine Tangente an die Kennlinie, statische Röhrenkennlinie (obere Kurve) oder Arbeitskennlinie (untere Kurve), und erhält einen Schnittpunkt mit der Gitterspannungsachse. Der doppelte Abstand dieses Schnittpunktes von der jeweiligen Kennlinie ergibt dann den Stromwert $I_{a_{\min}}$, bis zu dem die Kennlinie noch ausgesteuert werden darf. Wie die Abb. 1 erkennen läßt, sind die Aussteuerungsbedingungen um so ungünstiger, je weniger statische Röhrenkennlinie und Arbeitskennlinie voneinander abweichen, also je mehr $|\mathfrak{R}_a| \ll R_i$ ist, was ja auch ein Vergleich der Formeln (12) und (13) zeigt. Dieser Fall $|\mathfrak{R}_a| \ll R_i$ liegt, wie noch gezeigt werden wird, bei Schutznetz-Endröhren vor, es sei daher hier schon festgestellt, daß es ungünstig ist, solche Röhren in gewöhnlicher Schaltung mit linearen Schwingungen zu betreiben, da hierbei nur relativ geringe Leistungen genügend verzerrungsfrei abgegeben werden können.

Abb. 1.

Ist die Kennlinie einer Röhre gegeben zu

$$I_a = c\,\{U_g + \alpha\,[U_{a_0} + (I_{a_0} - I_a)\,R_a]\}^\gamma = c\,U_{st}^\gamma,$$

und ist I_a' der Strom, der sich ergibt, wenn man im Schnittpunkt der Tangente an die Kennlinie im Stromwert I_{a_ε} mit der Gitterspannungsachse die Senkrechte errichtet; ist weiterhin $I_{a_{\min}} = x\,I_a'$, so läßt sich für x die Beziehung

$$x = \left[\frac{\gamma\,(\gamma - 1 - 4\,v_n)}{(\gamma - 1)\,(\gamma - 1 + 4\,v_n)}\right]^\gamma \tag{14}$$

angeben.

Für Röhren mit Sättigung besteht schließlich noch die Bedingung

$$I_{a_0} \leq \frac{I_s}{2} \tag{15}$$

und

$$|\mathfrak{J}_a| \leq \frac{I_s}{2} - I_{a_{\min}}. \tag{16}$$

Bei Anwendung nichtlinearer Schwingungen kann die Röhre bis zum Stromwert

$$I_{a_{\min}} = 0$$

ausgesteuert werden. Die hierbei im Anodenkreis der Röhren auftretenden nichtlinearen Verzerrungen müssen durch Anwendung der Gegentaktschaltung kompensiert werden, wobei die Bedingungen

$$I_{a_0} = \frac{I_{a_{\min_s}}}{2} \tag{17}$$

und

$$I_a = c\,U_{st}^2 \tag{18}$$

zu erfüllen sind, d. h. der Arbeitspunkt ist in die Mitte der Krümmung zu legen und der Anodenstrom muß eine quadratische Funktion der Steuerspannung sein. Ist der Anodenstrom eine $^3/_2$-Funktion der Steuerspannung, so werden nur die ungeraden Harmonischen kompensiert[11], die verbleibenden Restverzerrungen sind aber vernachlässigbar klein.

3. Die Vermeidung linearer Verzerrungen.

Die einer Röhre entnehmbare Leistung ist gegeben zu

$$N = \frac{|\mathfrak{U}_g|^2}{2\,\alpha^2}\,\frac{R_a}{(R_a + R_i)^2}, \tag{19}$$

[7] Vgl. Forstmann, El. Nachr. Techn. Bd. 7, S. 203 (1930).
[8] E. W. Kellogg, wie Fußnote 1.
[9] K. Küpfmüller, wie Fußnote 1.
[10] Vgl. a. A. Forstmann, ETZ 1931, S. 596 u. 660, sowie die dort angegebene Literatur.

[11] Vgl. E. W. Kellogg (Fußnote 1). Forstmann u. Schramm, wie Fußnote 1, S. 144.

wobei $|\mathfrak{U}_g|$ die Amplitude der Gitterwechselspannung, d der Durchgriff der Röhre, R_i ihr innerer Widerstand und R_a der äußere Belastungswiderstand sind. Die Optimumbedingung

$$\frac{\mathrm{d}N}{\mathrm{d}R_a}=0 \qquad (20)$$

liefert die günstigste Größe des äußeren Widerstandes für gegebene Gitterwechselspannung zu

$$R_{a_{\mathrm{opt}}}=R_i. \qquad (21)$$

Die bei Beachtung dieser Optimumbedingung erhältliche Leistung ist dann gegeben zu

$$N_{\mathrm{opt}}=\frac{|\mathfrak{U}_g|^2}{8}\cdot\frac{S}{\alpha}. \qquad (22)$$

Der Quotient aus Formel (19) und (22) liefert dann die Kurve Abb. 2. Diese zeigt, daß für frequenzabhängige

Abb. 2.

Belastung die Anpassung Gl. (21) am ungünstigsten ist. Will man eine möglichst frequenzunabhängige Leistungsabgabe erzielen, so muß entweder die Bedingung

$$R_a \gg R_i \quad (R_{a_{\min}} \geq 4\,R_i) \qquad (23)$$

oder die Bedingung

$$R_a \ll R_i \quad \left(R_{a_{\max}} \leq \frac{1}{4}\,R_i\right) \qquad (24)$$

beachtet werden. Wie noch gezeigt wird, lassen sich diese unter Berücksichtigung möglichst großer Leistungsabgabe realisieren. Mit Rücksicht auf die Vermeidung nichtlinearer Verzerrungen ist die Bedingung Gl. (24) jedoch, wie schon oben gesagt, für gewöhnliche Schaltung ungünstig.

II. Die Leistungsabgabe durch die Röhre.

1. Lineare Schwingungen.

a) Allgemeines. — Bei linearen Schwingungen muß der Arbeitspunkt durch Wahl einer entsprechenden Gittervorspannung unter Berücksichtigung der Bedingung Formel (5) so eingestellt werden, daß er auf der Mitte des im Bereich negativer Gitterspannung liegenden geradlinigen Teils der Arbeitskennlinie liegt. Die maximal erreichbare Leistung ist dann gegeben, wenn

$$\frac{|\mathfrak{U}_a|}{U_{a_0}}=\frac{|\mathfrak{J}_a|}{I_{a_0}}=1; \qquad (25)$$

dies kann genau nur erreicht werden, wenn

$$R_a=\infty.$$

Die hier theoretisch erreichbare Maximalleistung ist dann gegeben zu

$$N_{\max}=\frac{I_a\,U_{a_0}}{2}=\frac{N_{v_{\max}}}{2} \qquad (26)$$

und dementsprechend der maximale Wirkungsgrad entsprechend Formel (6) und (7) zu

$$\eta_{r_{\max}}=\eta_{v_{\max}}=0{,}5. \qquad (27)$$

Bei Anwendung linearer Schwingungen kann die Hälfte der maximal zulässigen Gleichstromleistung bzw. der für die Röhre maximal zulässigen Anodenbelastung der Röhre als maximale Wechselstromleistung entnommen werden[12]. Der zu verschiedenen Anodenruhespannungen jeweils entsprechend der Grenzbedingung Formel (5) gehörige Ruhestromwert ergibt die Hyperbel der Abb. 3 im Kennlinienfeld.

b) Eingitterröhren. — Da der im Bereich positiver Gitterspannung liegende Teil des Kennlinienfeldes nicht ausgesteuert werden kann und auch der Strom nicht ganz ausgesteuert werden darf, so wird die günstigste Bedingung praktisch nicht erreichbar. Die praktisch maximal erreichbare Leistung ist durch die im Höchstfalle anwendbare Anodenruhespannung bedingt.

Abb. 3.

Zur Feststellung der hiernach erzielbaren Maximalleistung wird wie folgt verfahren. Zunächst wird aus Formel (1) und (5) der zu $U_{a_{0\max}}$ gehörige Ruhestromwert ermittelt. Hierauf wird entsprechend dem zu Abb. 1 angegebenen Verfahren der zugehörige $I_{a_{\min_\varepsilon}}$-Wert durch Anlegen einer Tangente an die Kennlinie im Stromwert $2\,I_{a_0}$ ermittelt. Dann wird entsprechend Abb. 4 durch die im Gitterspannungswert ε errichtete Senkrechte im Abstand $I_{a_{\min_\varepsilon}}$ von der U_g-Achse eine Kennlinie spiegelbildlich gelegt. Der zugehörige R_a-Wert ergibt sich dann aus den aus Abb. 4 ablesbaren Werten zu

$$R_a=\frac{U_g}{\alpha\,I_{a_0}}. \qquad (28)$$

Abb. 4.

In Abhängigkeit von maximaler Anodenruhespannung und Anodenbelastbarkeit ist

$$R_a=\frac{U^2_{a_{0\max}}}{N_{v_{\max}}}\,\frac{\eta_u}{\eta_i}-2\,R_i\approx\frac{U^2_{a_{0\max}}}{N_{v_{\max}}}-2\,R_i, \qquad (29)$$

wobei

$$\eta_u=1-\frac{U_{st_{\min}}}{\alpha\,N_{a_0}} \quad \text{und} \quad \eta_i=1-\frac{I_{a_{\min}}}{I_{a_0}}.$$

Der hier maßgebende $I_{a_{\min_A}}$-Wert ergibt sich dann als Schnittpunkt der Arbeitskennlinie für den gefundenen R_a-Wert mit dem von der statischen Röhrenkennlinie vom Stromwert $I_{a_{\min_\varepsilon}}$ auf die Abszisse gefällten Lot entsprechend Abb. 5.

Die Amplitude des Anodenwechselstromes ist dann gegeben zu

$$|\mathfrak{J}_a|=I_{a_0}-I_{a_{\min_A}} \qquad (30)$$

und dementsprechend die praktisch maximal erreichbare Leistung zu

$$N_{\max}=\frac{|\mathfrak{J}_a|^2}{2}\,R_a=\frac{I^2_{a_0}}{2}\,\eta_i^2\left(\frac{U^2_{a_{0\max}}}{N_{v_{\max}}}-2\,R_i\right). \qquad (31)$$

In gleicher Weise lassen sich für jeden Anodenruhespannungswert die zugehörigen Leistungen feststellen.

[12] H. Barkhausen, wie Fußnote 3, S. 22; E. W. Kellogg, wie Fußnote 1; folgt auch bei Forstmann u. Reppisch (Fußnote 2) durch Einsetzen der Grenzbedingungen in die angegebenen Formeln.

Aus obigem folgt, daß sich die Röhre um so besser ausnutzen läßt, je größer man $|\mathfrak{U}_a|/U_{a_0}$ und $|\mathfrak{J}_a|/I_{a_0}$ machen kann. Hierzu ist die Möglichkeit, hohe Anodenspannungen anwenden zu können, von Vorteil, ferner sind große Steilheiten und große Durchgriffe erwünscht. Zur Aussteuerung der dann erreichbaren Leistungen benötigt man große Gitterwechselspannungen. Die Frequenzunabhängigkeit wird hier durch Überanpassung erreicht[13].

c) Mehrgitterröhren. — Eine möglichst große Ausnutzung der Röhre erreicht man bei Eingitterröhren durch Anwendung hoher Anodenspannungen. Hierbei kann praktisch aber ein Teil des Kennlinienfeldes mit Rücksicht auf Gitterströme nicht ausgesteuert werden. Dies ist bei Schutznetzröhren nicht der Fall, hier besteht allerdings zur Vermeidung nichtlinearer Verzerrungen infolge Sekundärelektronen die Bedingung

Abb. 5.

$$|\mathfrak{U}_a| \leq U_{a_0} - U_{\text{sch}}. \tag{32}$$

Durch Einfügung eines Fanggitters[14] zwischen Anode und Schutznetz läßt sich die vorgenannte Bedingung jedoch verbessern zu[15]

$$|\mathfrak{U}_a| \leq U_{a_0} - \frac{U_{\text{sch}}}{2}. \tag{33}$$

Der geringste Stromwert $I_{a_{\min A}}$ ergibt sich hier aus folgender Überlegung. Ist die Kennlinie für $U_{a_0} = U_{\text{sch}}$ gegeben zu

$$I_a = c\,[U_g + \alpha_1 U_{\text{sch}} (1 + \alpha_2 \alpha_3)]^n, \tag{34}$$

die Kennlinie für die gleiche Schutznetzspannung aber $U_{a_0} = \frac{U_{\text{sch}}}{2}$ zu

$$I_a' = c\left[U_g + \alpha_1 U_{\text{sch}}\left(1 + \frac{\alpha_2 \alpha_3}{2}\right)\right]^n, \tag{35}$$

so ist, da $\alpha_2 \alpha_3 \ll 1$,

$$I_a \approx I_a', \tag{36}$$

beide Kennlinien sind untereinander und damit auch mit der Arbeitskennlinie praktisch identisch, und damit ist

$$I_{a_{\min A}} = I'_{a_{\min A}}. \tag{37}$$

Mit Rücksicht auf die Identität der Kennlinien ist hier der günstigste Arbeitspunkt nur für e i n e n Punkt auf der Leistungshyperbel gegeben als der Schnittpunkt mit der spiegelbildlichen Röhrenkennlinie, die entsprechend dem zu Abb. 4 gesagten konstruiert ist. Hierdurch ist auch die maximale Anodenruhespannung gegeben, falls diese nicht mit Rücksicht auf Vakuum und Isolation tiefer liegt. Der Belastungswiderstand ist gegeben zu

$$R_a = \frac{|\mathfrak{U}_a|}{I_{a_0} - I_{a_{\min}}} = \frac{|\mathfrak{U}_a|}{|\mathfrak{J}_a|}. \tag{38}$$

2. Nichtlineare Schwingungen[16].

a) Allgemeines. — Zur Vereinfachung der prinzipiellen Betrachtungsweise seien zunächst geradlinige Kennlinien angenommen. Der Arbeitspunkt ist dann durch Wahl einer entsprechenden Gittervorspannung so einzustellen, daß er auf den Einsatzpunkt der Kennlinie auf der Gitterspannungsachse fällt. Die Gleichstrom-Ruheleistung ist dann also

$$N_{0_A} = 0. \tag{39}$$

Die hier erforderliche Gleichstrom-Arbeitsleistung wird ebenso wie die Wechselstromleistung von der Gitterwechselspannung der jeweiligen Größe entsprechend gesteuert und ist im Mittel gegeben zu

$$N_{0_A} = U_{a_0} \frac{1}{T}\int_0^T i_a \, dt, \tag{40}$$

also hier zu

$$N_{0_A} = \frac{|\mathfrak{J}_a|\, U_{a_0}}{\pi} \approx \frac{|\mathfrak{J}_a|\, U_{a_0}}{3}. \tag{41}$$

[13] Forstmann u. Reppisch, wie Fußnote 2; Hanna, Sutherlin u. Upp, wie Fußnote 3; H. Bartels, wie Fußnote 3.
[14] Forstmann u. Schramm, wie Fußnote 1, S. 63.
[15] B. D. H. Tellegen, wie Fußnote 2.
[16] Vgl. a. A. Forstmann, El. Nachr. Techn. Bd. 6, S. 203 (1930).

Die maximale Wechselstromleistung ist dann bei völliger Aussteuerung pro Röhre gegeben zu

$$N'_{\max} = \frac{|\mathfrak{J}_a|\, U_{a_0}}{4}. \tag{42}$$

Hieraus ergibt sich ein maximaler Wirkungsgrad bezogen auf die Gleichstrom-Arbeitsleistung zu[17]

$$\eta_{0_{\max}} = 0{,}75. \tag{43}$$

Aus Formel (41) und (42) folgt dann unter Berücksichtigung von Formel (3) die maximale Wechselstromleistung zu

$$N'_{\max} = 3\, N_{v_{\max}}, \tag{44}$$

also ein entsprechender maximaler Wirkungsgrad von

$$\eta_{v_{\max}} = 3. \tag{45}$$

Gegenüber linearen Schwingungen ist hier also eine Verbesserung der Gleichstromausnutzung um 50 % und der maximalen Anodenbelastbarkeit um 500 % zu erreichen.

Abb. 6.

b) Eingitterröhren. — Es seien zunächst wieder geradlinige Kennlinien angenommen. Aus Abb. 6 folgt für die mittlere Gleichstromleistung für die Gitterwechselspannung $|\mathfrak{U}_g| = \alpha\, U_{a_0}$

$$N_{0_A} = \frac{U_{a_0}^2}{3\,(R_a + R_i)} \tag{46}$$

und für die Wechselstromleistung entsprechend Formel (19)

$$N = \frac{U_{a_0}^2 R_a}{4\,(R_a + R_i)^2} \tag{47}$$

und demnach für die dynamische Anodenverlustleistung entsprechend Formel (4)

$$N_v = \frac{U_{a_0}^2 (R_a + 4 R_i)}{12\,(R_a + R_i)^2}. \tag{48}$$

Da die Anodenverlustleistung ein Maximum nicht überschreiten darf, so ergibt sich die Bedingung

$$N_{v_{\max}} \geq \frac{U_{a_0}^2 (R_a + 4 R_i)}{12\,(R_a + R_i)^2}. \tag{49}$$

Hieraus folgt die Größe der äußeren Belastung zu

$$R_{a_{\max}} = \frac{U_{a_{0\max}}}{24\, N_{v_{\max}}}\left(\sqrt{144\, R_i\, N_{v_{\max}} + U^2_{a_{\max}}} + U_{a_{0\max}}\right) - R_i, \tag{50}$$

wobei $U_{a_{0\max}}$ die für die Röhre maximal zulässige Anodenruhespannung ist. Zur Erzielung frequenzunabhängiger Leistungsabgabe muß die Bedingung (23) erfüllt sein, d. h. es besteht hier die Bedingung

$$\frac{U_{a_0}}{24\, N_{v_{\max}}}\left(\sqrt{144\, R_i\, N_{v_{\max}} + U^2_{a_{0\max}}} + U_{a_{0\max}}\right) \geq 5\, R_i. \tag{51}$$

Die hier praktisch maximal erreichbare Leistung ist unter Berücksichtigung der angegebenen Größen bestimmt zu

$$N_{\max} = \frac{U^2_{a_{0\max}}\, R_{a_{\max}}}{4\,(R_{a_{\max}} + R_i)^2}. \tag{52}$$

[17] H. Barkhausen, wie Fußnote 3, S. 31.

Für gekrümmte Kennlinien lassen sich die Verhältnisse am einfachsten graphisch ermitteln[18]. Für große äußere Widerstände, also hohe Anodenspannungen, gelten in guter Annäherung auch die für geradlinige Kennlinien abgeleiteten Beziehungen. Die hier maximal anwendbaren Anodenruhespannungen sind etwa doppelt so groß wie bei linearen Schwingungen. Ebenso wie bei linearen Schwingungen sollen auch hier Steilheit und Durchgriff möglichst groß sein sowie die Möglichkeit der Anwendung hoher Anodenspannungen bestehen. Es lassen sich hier bei genügend hohen Anodenspannungen erheblich größere Leistungen aussteuern als bei linearen Schwingungen, ohne daß bei Zugrundelegung gleicher Anodenspannungen die Vorverstärkung zu vergrößern wäre.

Abb. 7.

c) Mehrgitterröhren. — Nimmt man zur Vereinfachung der Betrachtung wieder geradlinige Kennlinien an, so ist die mittlere Gleichstrom-Arbeitsleistung entsprechend Abb. 7 und Formel (46) gegeben, während die abgegebene Wechselstromleistung je Röhre bei $U_{a_0} = U_{sch}$ unter Berücksichtigung der Bedingung (33) gegeben ist zu

$$N = \frac{U_{a_0} |\mathfrak{J}_a|}{8} \tag{53}$$

und die Anodenverlustleistung zu

$$N_{v_{max}} \geq \frac{U_{a_0} | I_a |}{5} . \tag{54}$$

Die im Höchstfalle zulässige mittlere Gleichstromleistung ist also hier gegeben zu

$$N_{0A_{max}} = \frac{5}{3} N_{v_{max}} . \tag{55}$$

Eine bessere Ausnutzung kann noch erzielt werden, wenn man

$$U_{a_0} > U_{sch} \tag{56}$$

macht. Unter Berücksichtigung dieser Beziehung ist dann Formel (53) gegeben zu

$$N = \left(U_{a_0} - \frac{U_{sch}}{2}\right) \frac{|\mathfrak{J}_a|}{4} \tag{57}$$

und Formel (54) zu

$$N_{v_{max}} = \frac{|\mathfrak{J}_a|}{12} \left(U_{a_0} + \frac{U_{sch}}{2}\right) . \tag{58}$$

Für gekrümmte Kennlinien ist wieder zu berücksichtigen, daß der Arbeitspunkt nicht auf dem Einsatzpunkt der Kennlinie, sondern auf der Mitte der Krümmung liegt.

Für eine Kennlinie von der Form

$$I_a = c\, U_{st}^{\gamma}$$

läßt sich ein günstigster äußerer Widerstand für zwei Röhren in Gegentakt angeben zu

$$R_a = \frac{3}{4} \frac{U_{a_0}}{|\mathfrak{J}_a| \left[1 - \left(\frac{\gamma - 1}{\gamma}\right)^{\gamma}\right]} . \tag{59}$$

Die Leistung für die beiden Röhren ist dann gegeben zu[19]

$$N = \frac{|\mathfrak{J}_a|^2}{2} R_a = \frac{3}{8} \frac{U_{a_0} |\mathfrak{J}_a|}{\left[1 - \left(\frac{\gamma - 1}{\gamma}\right)^{\gamma}\right]} . \tag{60}$$

Es lassen sich sehr gute Wirkungsgrade erzielen, wenn hohe Anodenspannungen anwendbar sind. Entsprechend den bei Eingitterröhren zweckmäßigen Verhältnissen sollen der Durchgriff des Schutznetzes ebenso wie die Steilheit möglichst groß sein, während der Durchgriff der Anode durch Fang- und Schutznetzgitter möglichst klein sein soll. Der Vorteil gegenüber Eingitterröhren ist der, daß infolge der praktischen Identität der Kennlinien eine Frequenzabhängigkeit von R_a nicht stört. Der Frequenzgang des Strahlungswiderstandes eines Schallstrahlers kann hier sogar zur Kompensation der nach hohen Frequenzen zu abnehmenden abgestrahlten Leistung benutzt werden. Ein weiterer Vorteil gegenüber Eingitterröhren ist der, daß gleiche Leistungen mit erheblich geringeren Gitterwechselspannungen, also geringerer Vorverstärkung erzielt werden können.

Wie schon eingangs erwähnt wurde, sollten Schutznetzröhren nur in dieser Schaltung benutzt werden, da nur so der schädliche Einfluß der starken Kennlinienkrümmung behoben werden kann.

(Schluß folgt.)

[18] A. Forstmann, Z. Hochfrequenztechnik Bd. 37 (1931).

[19] Wie Fußnote 18.

Bemessung und Einrichtung elektrischer Anlagen in Wohnhausvierteln unter Berücksichtigung des elektrischen Kochens*.

Von Dipl.-Ing. **Fr. Mörtzsch**, Berlin.

Übersicht. Höchstlastanteil der elektrischen Küchen sinkt mit der Größe der Abnehmergruppe. Einfluß der vorhandenen Heißwasserspeicher. Bemessung der Hausinstallation. Aufstellung eines einfachen Berechnungsnomogramms. Ausführungen der Installation. Mehrkosten der Installation bei Ausführung verstärkter Steigeleitungen.

Anfang des Jahres 1930 waren den Mitgliedswerken der Vereinigung der Elektrizitätswerke gemeldet:

rd. 30 000 elektrische Haushaltküchen,
„ 20 000 elektrische Heißwasserspeicher,
„ 300 elektrische Großküchen.

Anfang 1931 sind diese Zahlen auf

rd. 50 000 elektrische Haushaltküchen,
„ 30 000 elektrische Heißwasserspeicher,
„ 400 elektrische Großküchen

gestiegen.

Hieraus ist einwandfrei die zunehmende Verbreitung des elektrischen Kochens erkennbar. Es ist zu überprüfen, wie dieser Entwicklung bei der Bemessung und Einrichtung elektrischer Anlagen Rechnung zu tragen ist.

Bisher wurden die Anlagen lediglich unter Berücksichtigung der Lichtbelastung bemessen. Für die Hauptleitungen (Steigeleitungen) hatten die meisten Elektrizitätswerke gewisse Mindestquerschnitte (4 oder 6 mm²) vorgeschrieben. Bei zu schwachen Hauptleitungen stößt die Einführung des elektrischen Kochens auf große Schwierigkeiten. Es sollten deshalb bei allen Neu- und Umbauten die elektrischen Anlagen von vornherein so bemessen werden, daß ohne umständliche Verstärkungsarbeiten später die Haushaltungen ohne weiteres elektrische Herde u. dgl. anschließen können.

Höhe der auftretenden Leistungen.

Maßgebend für die Bemessung ist die Höhe der auftretenden Leistungen. Die Praxis hat gezeigt, daß der volle Anschlußwert des Herdes in der Regel nicht in Anspruch genommen wird, da niemals alle Platten sowie Ober- und Unterhitze des Bratofens gleichzeitig auf „starke Hitze" stehen. In der Regel beträgt die Kochspitze eines Einzelhaushalts nur 55 ... 80 % des Anschlußwertes (s. Abb. 1, Kurve *a*). Man kann rechnen[1]:

	Kochspitze des Einzelhaushaltes
bei Kleinherden:	
(3 ... 4 kW Anschlußwert)	2,5 kW
bei Vollherden:	
(5 ... 6 kW Anschlußwert)	3,6 kW.

* Nach einem Vortrag, gehalten im Elektrotechnischen Verein (Fachgruppe „Installationstechnik") am 3. III. 1931.

[1] Mörtzsch, Belastungsverhältnisse beim elektrischen Kochen. Elektrizitätswirtsch. Bd. 29, S. 625 u. 705 (1930).

Die verschieden lange Zubereitungszeit der Speisen sowie die verschiedenen Tischzeiten der Familien bewirken, daß die Kochspitzen der einzelnen Haushaltungen nicht alle zusammenfallen. Durch einwandfreie Messungen kann nachgewiesen werden, daß der Höchstlastanteil mit der Zahl der an einem Speisepunkt liegenden Herde sehr stark sinkt. Die Messungen wurden zunächst nur für Klein- und Vollherde durchgeführt. Mit Hilfe der in Abb. 1 dargestellten Abhängigkeit konnten dann leicht die Verhältnisse für Herde beliebigen Anschlußwertes rechnerisch gefunden werden (s. Abb. 2). Die Werte bei einer Abnehmergruppe von 100 Haushaltungen sollen „Gruppen-Höchstlastanteil" genannt werden; sie betragen:

Abb. 1. Abhängigkeit des Höchstlastanteils eines Einzelhaushaltes sowie des Gruppen-Höchstlastanteils vom Herdanschlußwert.

bei Kleinherden 0,7 kW (20 % des Anschlußwertes)
bei Vollherden 0,9 kW (15 % des Anschlußwertes).

Diese Werte treten in der Regel nur Sonn- und Feiertags auf, an Wochentagen beträgt der Gruppen-Höchstlastanteil meist nur 0,5 ... 0,6 kW[*2].

Abb. 2. Abhängigkeit des Höchstlastanteils von der Anzahl der Haushaltungen.

Diese Messungen bilden den Ausgangspunkt für die Bemessung der elektrischen Anlagen in Wohnbauvierteln.

Es ist zu unterscheiden zwischen der Einführung des elektrischen Kochens in bereits bewohnten und mit der üblichen Installation ausgerüsteten Gegenden und in Neubauvierteln.

In alten Wohnvierteln muß überprüft werden, wie sich die hinzutretende Kochbelastung mit der bisherigen Last zusammensetzt. Abb. 3 zeigt als Beispiel den typischen bisherigen Verlauf der Belastung eines Wohnviertels (Kurve *a*), den Verlauf der Kochbelastung (Kurve *b*), wie er vielerorts gemessen wurde, sowie die Verhältnisse, die sich ergeben, wenn 10 und 25 % aller Haushaltungen elektrisch kochen (Kurve *c*). Die Verhältnisse sind für ein Wohnviertel mit 400 Wohnungen (Wintertag) dargestellt, wobei angenommen wurde, daß die Herde teils Klein-, teils Vollherde sind. Die bisherige, durch die Licht- und Gerätebelastung hervorgerufene Lastspitze wird zunächst nur unwesentlich (um etwa 150 bis 200 W für 1 Herd) erhöht. Erst bei stärkerer Verbreitung des elektrischen Kochens überwiegt die Mittagspitze. Der Lastzuwachs für 1 Haushalt erhöht sich dann um etwa 0,6 kW. Man erkennt, daß eine stetige Einführung des elektrischen Kochens in Wohnhausvierteln zunächst keine größeren Netzverstärkungen zur Folge haben dürfte. Der Einfluß der Heißwasserspeicher sowie die Verhältnisse innerhalb der Wohnhäuser werden später erörtert. Wesentlich anders liegen die Verhältnisse in Neubau-Wohnvierteln. Hier muß die Anlage von vornherein für die größte auftretende Belastung bemessen werden. Auch ist zu berücksichtigen, daß zur Zeit der Kochhöchstlast gelegentlich Licht und Kleingeräte benutzt werden können. Es dürfte genügen, hierfür einen Zuschlag von 15 % zum Gruppen-Höchstlastanteil zu machen, so daß also der Bemessung der Transformatoren, Kabel usw.

bei Kleinherden: 0,8 kW für jeden Haushalt,
bei Vollherden: etwa 1 kW für jeden Haushalt

zugrunde zu legen sind. Je nach der Größe der Abnehmergruppe ergeben sich dann die in Abb. 4 dargestellten Werte für die Transformatorenleistung.

Abb. 3. Änderung der Lastverhältnisse eines Wohnhausviertels bei verschiedener Verbreitung des elektrischen Kochens.

Sind die Wohnungen mit Heißwasserspeichern ausgerüstet, so ist zu überprüfen, ob nicht die durch die Heißwasserspeicher hervorgerufene Belastung größer als die mittägliche Kochlast wird, da erfahrungsgemäß damit gerechnet werden muß, daß, wenigstens an bestimmten Tagen, der volle Anschlußwert aller Heißwasserspeicher gleichzeitig in Anspruch genommen wird[3]. Es ist dann zu berücksichtigen, daß zur Zeit der Heißwasserspeicher-Einschaltung (meist um 22 h) auch mehr Licht- und Kleingerätestrom abgenommen wird. Hierfür soll vorsichtshalber ein Zuschlag von 200 W für jeden Haushalt angegeben werden. Abb. 5 zeigt, daß dann bei Heißwasserspeichern über 50 l Inhalt der durch die Heißwasserspeicher verursachte Lastanteil größer als die Kochbelastung wird, so daß dieser der Netzberechnung zugrunde gelegt werden muß.

a Haushalte mit Vollherden unter Berücksichtigung des Lichtzuschlages
b Haushalte mit Vollherden ohne Lichtzuschlag
c „ „ Kleinherden und „
d „ „ Kleinherden ohne „

Abb. 4. Transformatorleistung für Neubau-Wohnviertel verschiedener Größe mit elektrischen Küchen.

[*2] Schönberg, Die elektrische Küche, ETZ 1929, S. 1689. — Kittler, Erfahrungen mit der Einführung von elektrischen Haushaltküchen, Elektrizitätswirtsch. Bd. 29, S. 483 (1930).

[3] Habersaat, Praktische Erfahrungen bei der Einführung des elektrischen Kochens in Frankfurter Haushaltungen, Fachheft Elektrowärme der VdEW, 1930, S. 82. — Zerelles, Elektrisches Kochen in Siedlungen der Stadt Elberfeld, Fachheft Elektrowärme der VdEW, 1930, S. 83.

Bemessung der Hausinstallation.

Ausgangspunkt für die Berechnung der Hausinstallation (Hausanschlußkasten, Hauptleitungen usw.) ist die in Abb. 2 dargestellte Abhängigkeit des Lastanteils von der Größe der Abnehmergruppe. Die Werte stellen Durchschnittswerte dar. Durch Zufall oder bei besonderen festlichen Gelegenheiten ist der Fall denkbar, daß auch einmal der volle Anschlußwert in Anspruch genommen wird. Um dieser „Zufallspitze" Rechnung zu tragen, wird sicherheitshalber angenommen, daß in jedem Wohnhaus jeweils ein Haushalt den vollen Anschlußwert benutzt. Für Wohnhäuser mit einer verschieden großen Anzahl von Wohnungen ist in Abb. 6 für Vollherde dargestellt, wie sich unter

Abb. 5. Einfluß von Heißwasserspeichern verschiedener Größe auf den Höchstlastanteil.

Abb. 6. Abhängigkeit des Lastanteils von der Anzahl der Haushaltungen an 1 Hausanschluß.

dieser Annahme der Durchschnittswert (*a*) erhöht (*b*). Man erkennt hieraus, daß z. B. für Einfamilienhäuser stets mit dem vollen Anschlußwert gerechnet werden muß. Schließlich ist auch hier ein gewisser Zuschlag für die zur Zeit der Kochspitze benötigte Energie für Licht und Kleingeräte zu machen. Bei 15 % Zuschlag ergeben sich dann für das Einfamilienhaus etwa 500 ... 700 W; bei größeren Wohnhäusern ermäßigt sich natürlich dieser Wert für jeden Haushalt, da nicht angenommen werden kann, daß alle Haushaltungen diesen vollen Wert gleichzeitig benötigen. Kurve *c* (Abb. 6) stellt dann denjenigen Lastanteil (einschl. Zuschlag für Zufallspitze und Lichtverbrauch) dar, der der Berechnung der Anlage zugrunde zu legen ist. Es kann nunmehr leicht unter Verwendung der in Abb. 2 gegebenen Werte für jeden beliebigen Herdanschlußwert und eine beliebige Anzahl von Wohnungen je Haus die auf den Hausanschluß entfallende Leistung ermittelt werden (Abb. 7).

Wird im Haus eine gemeinsame Hauptleitung (Steigeleitung) für alle Wohnungen gelegt, von der dann die einzelnen Wohnungsabzweige in jedem Stockwerk abgehen, so kann man unter Zugrundelegung der in Abb. 7 gegebenen Leistungen leicht die entsprechenden Querschnitte errechnen. Abb. 8 gibt ein für den praktischen Gebrauch geeignetes Nomogramm wieder, das aufs einfachste die Ermittlung der Querschnitte bei verschiedenen Spannungen ermöglicht[4]. Hierbei wurde beachtet, daß der Spannungsabfall bei normaler Stockwerkshöhe (3,20 m) und unter der Annahme, daß je zwei Wohnungen in einem Stockwerk liegen, in keinem Falle 1 % überschreitet.

In Zahlentafel 1 sind für die gebräuchlichsten Spannungen bei Verwendung von Klein- oder Vollherden die sich ergebenden Querschnitte aufgeführt, wobei ein Mindestquerschnitt von 6 mm² angenommen wurde. Manche

[4] Bei Drei- und Vierfamilienhäusern ist zu beachten, daß durch die Unsymmetrie der Belastung gegebenenfalls der nächst höhere Querschnitt gewählt werden muß; siehe Zahlentafel 1.

Zahlentafel 1. Bemessung der Steigeleitung in Häusern mit elektrischen Küchen.

Anzahl der Wohnungen	Anschlußwert der Herde	Querschnitte der Steigeleitungen in mm² bei				
		Drehstrom 380/220 V	Drehstrom 220/127 V	Drehstrom 3 . 220 V	Gleichstrom 2 . 220 V	Gleichstrom 1 . 220 V
1	3	4 × 6	4 × 6	3 × 6	3 × 6	2 × 6
	6	4 × 6	4 × 6	3 × 6	3 × 6	2 × 10
2	3	4 × 6	4 × 6	3 × 6	3 × 6	2 × 6
	6	4 × 6	4 × 10	3 × 10	3 × 6	2 × 16
4	3	4 × 6	4 × 6	3 × 6	3 × 6	2 × 10
	6	4 × 6	4 × 16	3 × 16	3 × 10	2 × 16
6	3	4 × 6	4 × 10	3 × 10	3 × 6	2 × 16
	6	4 × 6	4 × 16	3 × 16	3 × 16	2 × 25
8	3	4 × 6	4 × 10	3 × 10	3 × 10	2 × 16
	6	4 × 10	4 × 16	3 × 16	3 × 16	2 × 35
10	3	4 × 6	4 × 10	3 × 10	3 × 10	2 × 16
	6	4 × 10	4 × 16	3 × 16	3 × 16	2 × 35

Elektrizitätswerke gehen aber in Erwartung einer weiteren Elektrisierung der Haushaltungen (Strahlöfen usw.) noch weiter und fordern 10 mm² als Mindestquerschnitt. Man erkennt, daß sich jedenfalls keine anormal starken Querschnitte ergeben, wenn in einem Wohnhaus ausschließlich elektrisch gekocht wird.

Abb. 7. Abhängigkeit der Hausgesamtbelastung von der Anzahl der Haushaltungen.

Zu überprüfen ist auch hier, ob nicht die Heißwasserspeicher- die Kochbelastung überwiegt. Für die Berücksichtigung der gleichzeitigen Licht- und Gerätebelastung muß hier ein sinngemäß höherer Zuschlag gewählt werden. Abb. 9 zeigt, daß bei Heißwasserspeichern von mehr als 100 l Inhalt die Speicherlast größer als die Kochlast wird.

Ausführung der Hausinstallation.

Wie durch verschiedene Untersuchungen gezeigt worden ist, dürfte die Verlegung einer gemeinsamen Hauptleitung (Steigeleitung) im allgemeinen billiger und auch aus anderen Gründen vorzuziehen sein[5]. Als wichtigste und bei Neubauten wohl auch häufigste Art der Stromversorgung soll hier nur die mit 380/220 V Drehstrom erörtert werden.

Die Frage, welche einphasige Belastung in Drehstromanlagen zugelassen werden kann, wird verschieden beurteilt. Es bestehen grundsätzlich drei Möglichkeiten der Aufteilung:

1. Wohnungsanschluß dreiphasig nebst Nulleiter, Aufteilung am Herd;
2. Hauptleitung dreiphasig nebst Nulleiter, Wohnungsanschluß eine Phase und Null, d. h. Aufteilung an der Stockwerks-Abzweigdose;
3. Hauptleitung eine Phase und Null, Verteilung der einzelnen Wohnhäuser auf die verschiedenen Phasen.

In Abb. 10 sind die relativen Installationskosten, Steigeleitung nach Abb. 8 (Abzweigleitung, Zähler- und Verteilungstafel, übliche Lichtinstallation sowie je eine besondere Leitung für den Herd und den Heißwasserspeicher) für eine verschiedene Anzahl von Wohnungen in jedem Haus bei Verwendung von Vollherden (6 kW Anschlußwert) aufgetragen. Man erkennt, daß Ausführung 2. am billigsten ist. Gegen Ausführung 1. spricht

[5] Laurick, Über den Aufstellungsort von Zählern, El. Anz. Bd. 48, S. 37 (1931).

weiter, daß die Verwendung von Drehstromzählern für ungleichmäßige Phasen- und Nulleiterbelastung anstatt der einfachen Wechselstromzähler die Kosten noch zusätzlich stark erhöht. Die Praxis hat gezeigt, daß der Belastungsausgleich bei Ausführung 2. völlig genügend ist, so daß diese Ausführung allgemein gewählt werden sollte. Der Nulleiter erhält denselben Querschnitt wie die Außenleiter. Abb. 11 zeigt das Installationschema für ein Sechsfamilienhaus.

Abb. 8. Nomogramm zur Ermittlung der Hauptleitungs-Querschnitte bei Häusern verschiedener Größe und Herden verschiedenen Anschlußwertes.

Für den Herdanschluß ist stets eine besondere Leitung von der Wohnungsverteilungstafel nach der Küche zu verlegen (meist $2 \cdot 4\ mm^2$). Auch für den Küchen-Heißwasserspeicher ist gegebenenfalls eine besondere Leitung vorzusehen ($2 \cdot 1{,}5\ mm^2$).

Kosten der Installation.

Wie eingangs erwähnt, sollte bei allen Neu- und Umbauten heute grundsätzlich die Anlage so bemessen und durchgeführt werden, daß ohne Schwierigkeit nachträglich sowohl Herde als auch Heißwasserspeicher aufgestellt werden können.

Abb. 10. Installationskosten bei verschiedener Ausführung der Steigeleitung.

Abb. 11. Installationschema eines Sechsfamilienhauses.

Abb. 12. Installationskosten bei der bisher üblichen und der unter Berücksichtigung des elektrischen Kochens auszuführenden Installation.

In Abb. 12 sind im Vergleich zu den bisherigen Installationskosten diejenigen aufgetragen, die entstehen können, wenn

a) anstatt der bisher schwachen Steigeleitung ($2 \cdot 6\ mm^2$) verstärkte Steigeleitung (nach Abb. 8) ausgeführt wird,
b) wenn zusätzlich in jeder Wohnung von vornherein eine besondere Leitung für den Herd,
c) je eine besondere Leitung für den Herd und den Heißwasserspeicher von vornherein vorgesehen werden.

Abb. 9. Vergleich der durch die elektrischen Herde verursachten Gesamtbelastung mit der Speicherbelastung für Häuser verschiedener Größe.

Werden an Stelle der schwachen Steigeleitung von vornherein für das elektrische Kochen genügende Querschnitte eingebaut, so erhöhen sich die gesamten Installationskosten nur um etwa 5 ... 10 %. Wird außerdem von vornherein in jeder Wohnung eine besondere Leitung für den Herd vorgesehen, so beträgt die Erhöhung etwa 30 %, bei einer weiteren Leitung für den Speicher etwa insgesamt 50 % der bisherigen Installationskosten. Zum mindesten sollte deshalb bei jedem Neubau die Hauptleitung (Steigeleitung) so bemessen werden, daß alle Haushaltungen ohne weiteres elektrisch kochen können. Die verhältnismäßig geringen Mehrkosten werden sich immer lohnen. Für den Elektrotechniker erwächst hieraus aber die Aufgabe, Bauherren und Baufachleute in diesem Sinne zu beraten.

Die Elektrizitätswirtschaft der V. S. Amerika im Jahre 1930.*

Von **Arthur Hamm**, Breslau.

Die Depression, die sich schon im Herbste 1929 ankündigte und dazu führte, daß die letzten Monate dieses Jahres nicht das hielten, was man auf Grund der ersten Monate erwartete[1], hat das vorausgesagte Ergebnis des Jahres 1930 nun vollkommen umgestaltet. Dieses Jahr ist durch die Krise bestimmt worden und hat statt der erhofften 10prozentigen Zunahme der Stromerzeugung eine Abnahme gebracht, die allerdings nur 1,5 % ausmachte, aber durch die Tatsache des Rückschlages an sich äußerst spürbar wurde. Denn wie die Abb. 1 zeigt, kennt die Geschichte der nordamerikanischen Elektrizitätswirtschaft bisher nur den Aufstieg, die Entwicklung nach oben, mit einziger Ausnahme des Jahres 1921, in dem die bis dahin durch künstliche Maßnahmen zurückgedämmte Nachkriegskrise zum Ausbruch kam. Der seitdem einsetzende steile und fast ganz gleichmäßige Aufstieg ist nun zum ersten Male unterbrochen worden. Statt daß die 100 Milliardengrenze überschritten wurde, fiel die Gesamterzeugung der öffentlichen Elektrizitätswerke von 91,421[2] auf 90,076 Mrd kWh zurück, während die Einfuhr (aus Kanada) um etwas von 2,669 auf 2,95 Mrd kWh anstieg. Damit erhöht sich also der Gesamtstromverbrauch der Ver. Staaten Amerika auf 93,026 Mrd kWh, während er 1929 noch 94,09 Mrd kWh betragen hatte.

Abb. 1. Entwicklung der Erzeugung in den öffentlichen Elektrizitätswerken der V.S. Amerika.

Dem Amerikaner, der an Rekordziffern hängt und die „prosperity" als eine gottgewollte, unabänderliche Tatsache anzusehen sich gewöhnt hat, ist eine solche Erinnerung an die Vergänglichkeit aller Erdengrößen natürlich besonders empfindlich, viel empfindlicher als dem bedeutend weniger naiven, dafür aber viel skeptischeren Europäer. Auch das fast vollständige Versagen aller Hilfsmaßnahmen, der vom Präsidenten Hoover teils veranlaßten, teils selbst vorgenommenen Wirtschaftsankurbelung, hat viel zu dieser Enttäuschung beigetragen. Die Elektrizitätsindustrie[3] hat sich freilich dieser Verpflichtung nicht entzogen. Während sie im Jahre 1929 noch rd. 860 Mill. $ für Erweiterungen und Neubauten ausgab, wurde diese Summe 1930 um 100 Mill. $ gesteigert; 960,19 Mill $ wurden in Neuanlagen investiert. Auf die Dauer ist es allerdings nicht möglich, der Zeit so vorauszueilen. Das Budget der sämtlichen Elektrizitätswerke, über die El. World berichtet, sieht für 1931 nur noch Investitionen von 894 Mill. $ vor, also immerhin noch mehr als im Jahre 1929. Lehrreich ist die Untersuchung der Verwendung dieser Summen. Abb. 2 zeigt die Unterteilung in Kraftwerke, Fernleitungen und Verteilungsleitungen. Die stürmische Phase in der Entwicklung der nordamerikanischen Elektrizitätswirtschaft, die etwa von 1922 bis 1926/27 dauerte, ist gekennzeichnet durch das Überwiegen der Ausgaben für die Vergrößerung der Kraftwerke. In dieser Zeit wurden die meisten der in Europa so viel Aufsehen erregenden technischen Neuerungen geschaffen, damals entstand auch der größte Teil der besonders repräsentativen modernen Kraftwerke. Zeitweise wurden durch die etwas gewaltsam vorgetragenen technischen Fortschritte die Baukosten so gesteigert, daß der verringerte Wärmeverbrauch nicht mehr ausreichte, um die Kosten der investierten Kapitalien auszugleichen, die Wirtschaftlichkeit ging zurück anstatt vorwärts. Die Bedenken, die dadurch in den führenden Kreisen der Industrie entstanden, haben dann einen Rückschlag im Gefolge gehabt. Die Ausgaben für Kraftwerksbauten wurden gedrosselt, 1927 betrugen sie nur 55 % des Vorjahres, dafür wurde mehr Wert auf den Ausbau der Leitungsnetze gelegt. Aber auch hier fand eine Verschiebung statt. Im Zeitalter der großen Expansionen wurden viele und große Fernleitungen gebaut, um neue Gebiete zu erschließen, 1926 noch waren die Ausgaben dafür ebenso hoch wie für die Verteilungsnetze. Das wurde 1927 schon anders. Die Ausgaben für Fernleitungen gingen um 15 % zurück, die für Verteilungsleitungen stiegen dagegen um rd. 60 %, es wurde also das bereits versorgte Gebiet besser ausgebaut, die Kundschaft sorgsamer gepflegt. Diese Entwicklungsrichtung ist denn auch bis heute ungebrochen geblieben, sie hat sich sogar seitdem noch eher verschärft. Zwar sind, wie das Bild zeigt, die Ausgaben für Kraftwerke wieder gewachsen, aber nie mehr auf das Maß von 1926. Die Ausgaben für Fernleitungen sind sogar stark eingeschrumpft, sie betrugen 1930 knapp 60 % derjenigen von 1926. Um so stärker ist die Ausgabensteigerung für Verteilungsleitungen, sie betrug für die beiden genannten Jahre nicht weniger als 220 %. Das steht auch im Einklange mit der wiederholt und nachdrücklich betonten Absicht, die Landwirtschaft an die Elektrizitätsversorgung anzuschließen. Das geschieht hauptsächlich durch Leitungen mit der erstaunlich niedrigen Spannung von 2300 und 6600 V. Unter europäischen Verhältnissen wäre damit eine zureichende Versorgung selbst dünn besiedelter landwirtschaftlicher Gebiete ausgeschlossen, in Amerika ist es trotz der viel größeren Leitungslängen möglich, weil der Verbrauch außerordentlich schwach ist. Selbst in Staaten, in denen die Elektrisierung der Farmen schon sehr weit getrieben ist (Dakota ist auf dem Gebiete führend) rechnet man mit keinem höheren Anschlußwerte als 1,5 kVA je Meile Leitungslänge. Auch unter diesen Umständen ist eine Versorgung mit so niedriger Spannung nur möglich, wenn der Farmer hinsichtlich der ihm zur Verfügung gestellten Spannung sehr duldsam ist.

Abb. 2. Verteilung der Investitionen auf Kraftwerke, Fernleitungen und Verteilungsleitungen.

Die Fortschritte, die in der Ausdehnung der Versorgung sowohl der städtischen wie der Gesamtbevölkerung erzielt worden sind, gehen aus den Abbildungen 3 und 4 hervor. Abb. 3 hat als obere Begrenzung die Gesamtzahl der Familien in den Vereinigten Staaten, die für 1930 29,3 Millionen betrug. Davon gehen 6,3 Millionen ab, die auf Farmen wohnen, von dem Rest von 23 Millionen sind 19,85 Millionen elektrisch versorgt, also 86 % der Gesamtzahl. Hierbei sind nicht nur große und kleine Städte, sondern auch Dörfer mitgerechnet, für die großen Städte allein ist der Prozentsatz noch höher. Die Depression ist natürlich auch hier nicht ohne Einfluß gewesen; während man mit einem Zugang von 800 000 Anschlüssen gerechnet hatte, betrug er nur 471 620, also nur Verlangsamung, kein Rückgang. Aber die Verlangsamung wird auch in Zukunft bleiben, denn die Anstiegskurve nähert sich jetzt der Linie des Zuwachses der Familien, so daß über kurz oder lang nur noch

---

* Vgl. ETZ 1930, S. 987. Die Abbildungen sind mit Ausnahme von Abb. 8 der El. World Bd. 97 (1931) entnommen.

[1] Die Jahresberichte der El. World, die alljährlich im Januar erscheinen, werden auf Grund der Betriebsergebnisse der ersten 10 Monate jedes Jahres aufgestellt.

[2] Die in der ETZ 1930, S. 987, genannte Zahl von 92,737 Mrd kWh beruht auf der Schätzung der Erzeugung, die auf Grund der Betriebsergebnisse der ersten 10 Monate aufgestellt wird, während die obenstehende Zahl das tatsächliche Ergebnis des Jahres darstellt.

[3] Der Ausdruck „Elektrizitätsindustrie" wird hier der Kürze halber für die Elektrizitätswerke im Gegensatz zu der fabrizierenden Elektroindustrie gebraucht.

die neu zuwachsenden Familien als zu gewinnende Stromabnehmer in Frage kommen werden.

Die Abb. 4 zeigt die Gesamtzahl der Wohnungen und den Teil davon, der elektrisch versorgt ist. Der Prozentsatz beträgt 70,3, wobei die Farmen eingerechnet sind. Von diesen liegt freilich ein großer Teil außerhalb der Reichweite auch von Fern-, geschweige denn von Verteilungsleitungen, es ist der weiß gelassene Sektor, schätzungsweise 20 % der Gesamtzahl. Ohne recht erhebliche Investitionen werden sie nicht anzuschließen sein, und da eine Wirtschaftlichkeit nie zu errechnen sein wird, werden diese Investitionen auch nicht gemacht werden. Der längs schraffierte Sektor bezeichnet die Wohnungen (zumeist Farmen), die in Reichweite vorhandener Leitungen liegen, mit deren Anschluß daher gerechnet werden kann. Damit käme die Zahl der elektrisch versorgten Wohnungen auf 80 % der Gesamtzahl, eine bemerkenswert hohe Ziffer.

Abb. 3. Familienzahl und Anschlußnehmerzahl in den V. S. Amerika.

Die ganze bisherige Entwicklung und ihre künftige Fortsetzung ersieht man aus Abb. 5, in der nicht nur die Zahl der Abnehmer und die erzeugten Kilowattstunden, sondern auch die angelegten Kapitalien, die installierten Kilowatt sowie die Einnahmen eingetragen sind. Die gestrichelten Teile der Linien bezeichnen die für 1931/40 erwarteten Fortschritte. Daß dabei für die Zunahme des Stromverbrauches dasselbe Verhältnis angenommen worden ist, wie es in den letzten Jahren vor dem Ausbruch der gegenwärtigen Krise bestand, dürfte wohl nicht übertrieben sein.

Abb. 4. Stand der Elektrisierung der Wohnungen.

Daß die oben erwähnten technischen Fortschritte in wirtschaftlicher Beziehung nicht immer vorteilhaft waren, geht auch deutlich aus Abb. 6 hervor, in der besonders die unteren Kurven interessant sind. Die unterste, stark ausgezogene Kurve stellt die je Kilowatt investierten Summen dar. (Es ist leider nicht gesagt, ob es sich um installierte Kilowatt oder um dem Abnehmer gebotene Nutz-Kilowatt handelt, vermutlich aber um die leichter zu erfassende installierte Leistung.) Man erkennt ein Minimum für 1922, das etwa 340 $ betrug, während der Betrag für 1930 auf 377 $ gestiegen ist. Die Ausnutzungszeit ist hingegen gefallen, sie betrug 1922 etwa 3050 h, stieg für 1923 auf 3150 h, um dann wieder zu sinken, 1929 lag sie knapp über 3000 h, 1930 zählte man nur noch 2850 h. Wenngleich diese Zahl als Krisenwirkung aufzufassen ist, so zeigt doch der Verlauf der Kurve eindeutig, daß eine wesentliche und dauernde Steigerung der Ausnutzung kaum zu erzielen sein wird; haben ja selbst die guten Jahre 1926/28 Ausnutzungsziffern gebracht, die kaum über denen von 1930 lagen. Immerhin ist eine Benutzungsstundenzahl von rd. 3000 für das installierte Kilowatt, somit rd. 4000 für das Höchstkilowatt, und das als Landesdurchschnitt, schon äußerst stattlich. Solche Zahlen sollten mehr beachtet werden als der gerne verglichene Stromverbrauch je Einwohner, der für menschenleere Wüsten die höchsten Werte bringt, wenn sich zufällig dort eine elektrochemische oder ähnliche Industrie niedergelassen hat. Die hohen Zahlen für Kanada (2124 kWh) und Norwegen (3560 kWh) sind, wie eben erwähnt, zu erklären, Kanada führt überdies 15 % der selbst erzeugten elektrischen Arbeit aus. Daß aber die nordamerikanische Gesamtgewinnung (die der industriellen Eigenanlagen und der Bahnen eingerechnet) fast viermal so hoch ist wie die deutsche, trotz nur doppelter Volkszahl, zeigt doch, welchen Weg Deutschland noch zurückzulegen hat.

Abb. 5. Bisherige und künftige Entwicklung der Elektrizitätsindustrie, technisch und finanziell.

Abb. 6. Analyse der Entwicklung.

Die schon für 1929 hervortretende Entwicklung, die eine verminderte Bedeutung der Wasserkräfte erkennen ließ[4], hat auch 1930 angehalten. Das Jahr 1928, ein ausgesprochen nasses Jahr, brachte eine Höchsterzeugung der Wasserkraftwerke von 33,58 Mrd kWh, während die beiden folgenden Jahre trockener waren und abnehmende Erzeugung trotz gesteigerten Ausbaues zeigten. Die installierte Leistung der Wasserkraftwerke stieg von rd. 13,571 in 1928 auf 13,808 Mill PS in 1929 und auf 14,790 Mill PS im letzten Jahre, die Wasserkrafterzeugung betrug aber in den gleichen Jahren 33,5, 32,4 und 31,2 Mrd kWh, ging also sowohl absolut wie relativ zurück. Die abnehmende Bedeutung der Wasserkräfte ersieht man auch aus Abb. 7, die die installierten Generatorleistungen zeigt. Die großen, billig zu erschließenden Wasserkräfte in den dichter bewohnten Staaten sind nun eben ausgebaut, was noch übrig ist, lohnt nicht mehr recht, namentlich angesichts der Fortschritte in der Wärmetechnik. So werden künftig zu bauende Zentralen in immer überwiegendem Maße Dampfkraftwerke sein. Als Brennstoffe werden dabei in steigendem

Abb. 7. Installierte Kraftwerksleistungen. (Der nicht schraffierte Sektor bedeutet den Anteil der Wasserkraftwerke.)

[4] Vgl. ETZ 1930, S. 939.

Umfange die reichen Schätze an Erdöl und Erdgas herangezogen. Die folgende kleine Übersicht zeigt den Verbrauch der drei Brennstoffe (Braunkohle spielt noch keine Rolle) in den letzten drei Jahren:

	1928	1929	1930
Kohle (in 1000 t zu je 907 kg) .	37 593	41 406	39 393
Öl (in 1000 bbl zu je 1,635 hl) .	6 852	9 740	8 646
Gas (in Mill cbft = 28 300 m) .	77 054	112 442	121 281

Man erkennt die außerordentlich stark gestiegene Verwendung von Erdöl und Gas, die z. T. auch durch besondere Gesetze gefördert wird, wie sie z. B. in Kalifornien gegen die Verschwendung des Erdgases erlassen worden sind. Die großen Petroleumkonzerne tun natürlich auch das ihrige, um diesen Verbrauch zu steigern, im wesentlichen durch den Bau von Rohrleitungen für Öl oder Gas. In der Hauptsache benutzen die Elektrizitätswerke das hochwertige Erdgas, das früher trotz seines Heizwertes von 10 000 WE/m³ vielfach in die Luft abgeblasen wurde, da keine Verwendungsmöglichkeit bestand (in Kalifornien bis vor kurzem die Hälfte bis zwei Drittel des Gesamtanfalls). Es wird fast nur unter Kesseln verbrannt, selten in Großgasmaschinen. Abb. 8[5] gibt ein Bild des neuen Kesselhauses des Long Beach-Kraftwerkes der Southern California Edison Co., das ausschließlich mit Erdgas gefeuert wird. Die Bauweise ist typisch für moderne amerikanische Kesselhäuser, auch bei Kohlenstaubfeuerung. Der Dieselmotor dagegen hat sein Hauptanwendungsgebiet in den kleinen Städten und Ortschaften, die weitab von jeder Fernleitung liegen, ebenso auf den entlegenen Farmen.

Die technische Entwicklung des letzten Jahres, wie auch schon der vorangegangenen, war bestimmt durch die schon eben gekennzeichneten Erfahrungen, daß vergrößerte Komplikation des Betriebes nicht selten statt erhöhter eine verringerte Wirtschaftlichkeit zur Folge hat. Daher das Streben nach Verringerung der Anlagekapitalien unter möglichster Wahrung der bisher erreichten Betriebswirtschaftlichkeit. Mittel, die zur Erreichung dieses Zieles dienen, sind Einfachheit der Anlage, sorgfältig überlegte Verteilung der Heizfläche auf Kessel, Speisewasservorwärmer und Lufterhitzer, hohe Heizflächenbelastung, erhöhte Zuverlässigkeit der Anlageteile, um Ausfälle hintanzuhalten und die erforderlichen Betriebsreserven einzuschränken. Die Turbinen wurden vereinfacht und zu diesem Behufe die Leistung von Einzylinderturbinen bis auf 80 000 kW gesteigert. Die neu geschaffenen Vertikalkompoundturbinen, von denen eine für die Ford Motor Co., die andere für die Southern California Edison Co. gebaut wurde, dienen der Ersparnis von Gebäudekosten. Zu demselben Zwecke hat man Freiluftanlagen weiter entwickelt. Daß Maschinenanlagen, sowohl Generatoren wie Blindstrommaschinen, im Freien stehen, kommt immer häufiger vor, namentlich bei Wasserkraftwerken. Neuerdings ist für die San Joaquin Light & Power Co. sogar ein Freiluftkesselhaus im Bau. Das dürfte allerdings wohl nur in dem Klima Südkaliforniens möglich sein.

Abb 8. Kesselhaus des Kraftwerkes Long Beach II (Erdgasfeuerung).

Eine den Gang der Entwicklung kennzeichnende Anlage ist das East River-Kraftwerk in New York. Es wurde vor drei Jahren mit zwei Maschinen zu je 60 000 kW in Betrieb genommen. Als sich die erste Erweiterung notwendig machte, waren Einwellenturbogeneratoren von 160 000 kW zu wesentlich niedrigeren Kosten je Kilowatt erhältlich. Es gelang, von Maschinen dieser Größe auf der ursprünglich vorgesehenen Grundfläche die gleiche Anzahl unterzubringen. Drei Doppelkessel für Kohlenstaubfeuerung mit einer nominellen Leistungsfähigkeit von 454 t Dampf stündlich wurden eingebaut, deren tatsächliche Leistung sich bei den Abnahmeversuchen als noch um 25 % höher erwies. Da gegenwärtig m. W. in der ganzen Welt nur fünf Turbinen in Betrieb sind, die mehr Dampf verbrauchen als einer dieser Kessel zu liefern imstande ist, kann das Ideal, der Einkessel-Einturbinen-Satz, als erreicht gelten. Die dabei erzielte Raumersparnis ergibt sich aus folgendem: Die 60 000 kW-Turbogeneratoren haben eine Grundfläche von 7,71 m²/1000 kW. Der erste 160 000 kW-Generator benötigte dagegen nur 4,21 m²/1000 kW. Die Kessel 1 ... 6 von je 113 t Dampfleistung erforderten 1,885 m² und 71,6 m³ je 1 t Dampf. Die neuen großen Kessel dagegen kamen mit 0,923 m² und 39 m³ für die gleiche Leistung aus. Ähnliche Erfolge erzielte man z. B. im Kips Bay-Heizkraftwerk, wo statt der alten Kessel von 145 t Dampfleistung neue von 340 t mit den gleichen Säulenabständen aufgestellt wurden. Die Mittel, mit denen sich das erreichen ließ, sind Vermehrung der Röhrenzahl, Vertiefung des Feuerungsraumes und Verbesserung der Verbrennung.

Trotz des Strebens nach Vereinfachung sind doch auch Fortschritte zu verzeichnen, die in der früher herrschenden Richtung liegen. Die in den V. S. Amerika lange als unüberschreitbar geltende Dampftemperaturgrenze von 400 ° C (750 ° F) ist jetzt schon mehrfach überschritten worden, am weitesten von der Detroit Edison Co., die sich eine 10 000 kW-Turbine für 540 ° Eintrittstemperatur bestellt hat; sie mußte allerdings — bezeichnenderweise — in England gebaut werden. Ergebnisse liegen noch nicht vor, da die Maschine bisher noch mit 400 ° betrieben wurde. Auch die Maschinen II und III im State Line-Kraftwerk bei Chikago erhalten Eintrittstemperaturen von 435 °, die auch noch in einigen anderen Fällen angewendet worden sind. Ebenso ist der Höchstdruck ganz entschieden im Vormarsche. Wenn einmal der Normaldruck von 28 at überschritten wurde, war es üblich geworden, auf 84 ... 98 at zu gehen. Zwischendrucke wurden selten gewählt. Es sind jetzt im ganzen 12 Zentralen mit 22 Maschinen bei diesen Höchstdrücken in Betrieb, abgesehen vom industriellen Kraftwerk der Philip Carey Co., das für 127 at gebaut wird. Neue Höchstdruckkraftwerke, die im letzten Jahre in Betrieb kamen, sind Lakeside, Holland, Deepwater und South Amboy. Von ihnen ist Deepwater, obwohl im Staate New Jersey gelegen, ein reines Öl- und Erdgaswerk, das seinen Brennstoff aus den Rohrleitungen bezieht, die von den pennsylvanischen Erdölfeldern dorthin führen.

Die wirtschaftlichen Ergebnisse entsprechen durchaus den gehegten Erwartungen. Ein Kraftwerk in Illinois, das mit 42 at und 385 ° bei Zwischenüberhitzung arbeitet und eine mäßige Kohle von 5500 WE (Staub) verfeuert, erzielte als Monatsbestverbrauch 3140 WE/kWh und im Durchschnitt von 6 Monaten 3180 WE. Die Wochenwerte für das Gilbert-Kraftwerk (Holland, N. J.) bei 84 at waren 2990 WE. Hierbei betrug allerdings der Belastungsfaktor 68,4 %. In Long Beach wurden mit Erdgas im J a h r e s d u r c h s c h n i t t 3240 WE erzielt, wobei der Bestverbrauch sich auf 3160 WE stellte. Man kann daraus auf eine äußerst gleichmäßige Belastung schließen. Außerdem ist eine ganze Anzahl Kraftwerke in der Lage gewesen, einen Verbrauch zu melden, der um 3300 WE herum lag. Am günstigsten schnitt natürlich die Zentrale South Meadow der Hartford Electric Co. ab, die die bekannte Quecksilberdampfturbine in Betrieb hat. Vom 4. II. bis zum 14. XII. arbeitete diese 10 000 kW-Maschine mit einem Durchschnittsverbrauch von 2600 WE/kWh. An einigen Tagen, an denen eine sehr gleichmäßige Belastung von 9500 kW gehalten werden konnte, ging der Durchschnittsverbrauch sogar auf 2470 WE zurück.

Von neu in Betrieb gekommenen Anlagen ist das Baton Rouge-Kraftwerk bemerkenswert, das ausschließlich Abfallenergie gewinnt. Es sind vier Kessel von je 160 t Dampfleistung bei 47 at und 400 ° C vorhanden, die drei Gegendruckturbinen von je 15 000 kW speisen. Der Dampf wird mit 10 at entnommen und der nahe gelegenen Raffinerie der Standard Oil Co. of Louisiana zugeführt, die auch einen Teil des erzeugten Stromes übernimmt, der übrige geht in das Netz des Elektrizitätswerkes. Eine andere interessante Anlage ist das erste schwimmende Kraftwerk, das lediglich Elektrizität zur Abgabe nach außerhalb erzeugen soll. Es ist das Dampfschiff „Jacona", das eine Leistungsfähigkeit von 20 000 kW hat und der New England Public Service Co. in Augusta Me. gehört. Das Schiff muß von Ort zu Ort geschleppt werden, da es keinerlei Antriebsvorrichtungen hat. Es enthält vier Kessel von zusammen 124 t Dampfleistung bei 29 at und 120 ° Überhitzung, dazu zwei Turbinen von je 10 000 kW. Der Strom

[5] Nach Power Bd. 73, S. 17 (1931).

wird über zwei Drehstromkabel an Land befördert, die an zwei Türmen, einem auf dem Schiffe und einem an Land, befestigt werden. Seine ersten Dienste konnte dies eigenartige Kraftwerk einer Papierfabrik erweisen, die bei Bingham im Bau ist und die Energie von Ebbe und Flut ausnutzen soll. Bis zur Fertigstellung des Dammes bezieht sie ihren Strom von der „Jacona“.

Unter den Wasserkraftwerken, deren Bau im letzten Jahr begonnen wurde, ist das bedeutendste der Boulder-Damm im Colorado. Hier wird ein Staudamm von 222 m Höhe errichtet, die installierte Leistung soll 750 000 kW betragen. Außer dem Wasserkraftwerk wird noch eine Wasserversorgung für die Stadt Los Angeles gebaut, die täglich 4 Mill m^3 aus dem Flusse entnehmen und über eine Höhe von 465 m drücken soll. Dazu ist eine Pumpenleistung von 400 000 PS notwendig, wovon nur 70 000 in Turbinen wiedergewonnen werden. Den Strom liefert das Boulder-Damm-Werk.

Bemerkenswert sind die Francisturbinen für das Kraftwerk der Stadt Seattle (Wash.), die mit 90 700 PS bei 99 m Gefälle wohl die größten ihrer Art sind. Die Pacific Northwest Public Service Co. baut in ihrem Oak Grove-Kraftwerk eine zweite 49 000 PS Francisturbine ein, die für ein Gefälle von 284 m bestimmt ist. Es soll nur noch 2 Francisturbinen in der Welt geben, die mit höherem Gefälle arbeiten.

Die Einnahmen der Elektrizitätswerke zeigten trotz des leichten Rückganges der Erzeugung eine Steigerung gegenüber dem Vorjahre. Die Gesamteinnahme, die 1929 die Summe von 2,105 Mrd $ erreicht hatte, stieg 1930 auf 2,155 Mrd $, also um 2,0 %, was angesichts des Rückganges der Erzeugung um 1,5 % einer rd. 4prozentigen Erhöhung des durchschnittlichen Strompreises gleichkommt. Von diesem Betrage stammen 705 Mill $ von den Kleinabnehmern unmittelbar, weitere Beträge dürften in den Rubriken „Kleinwiederverkauf“ und „Großwiederverkauf“ enthalten sein, so daß auch heute wohl noch über 50 % der Gesamteinnahmen dieser Quelle entstammen. Die Steigerung des Jahresverbrauches je Kleinabnehmer in den Netzen von 41 typischen Elektrizitätswerken zeigt die folgende Zusammenstellung (die Werte liegen etwas über dem Landesdurchschnitt):

1925	447 kWh	1928	507 kWh
1926	452 „	1929	547 „
1927	473 „	1930	569 „

Unter den Einzelgebieten ist die pazifische Küste führend, wo der durchschnittliche Einzelverbraucher 890 kWh jährlich entnimmt. Am weitesten rückständig ist der mittlere Süden mit 415 kWh. Die elektrischen Herde, Heißwasserspeicher und Pumpen haben zu dem hohen Verbrauch an der pazifischen Küste in erster Linie beigetragen. Merkwürdigerweise gibt es in den Vereinigten Staaten erst 15 Elektrizitätswerke mit Sondertarifen für Heißwasserspeicher. Dagegen nimmt der reine Kilowattstundentarif an Verbreitung stark ab. Die Erkenntnis seiner Unangemessenheit in zahlreichen Fällen setzt sich immer mehr durch. An seine Stelle treten Doppeltarife, Staffeltarife verschiedener Form, sehr häufig mit einer besonderen Kundengebühr verkoppelt, die nach deutschen Begriffen recht hoch ist (0,6 $/Monat). Als Anreiztarif spielen sie eine große Rolle bei der Steigerung des häuslichen Stromverbrauches. Ein vollkommen elektrisierter Haushalt soll jährlich 7000 kWh konsumieren, so daß man mit 569 kWh von diesem Ziele noch sehr weit entfernt ist.

Das Geldbedürfnis der Elektrizitätsindustrie scheint noch ungebrochen zu sein. Im letzten Jahrzehnt, dessen Entwicklung die Abb. 9 zeigt, ist insgesamt die Riesensumme von 13 Mrd $ aufgenommen worden, wobei das Jahr 1927 mit 2,15 Mrd $ einen Rekord hielt. Die folgenden Jahre brachten Rückgänge, aber 1930 wies gegenüber 1929 schon wieder eine Steigerung um 105 Mill $ auf, die sich allerdings vermutlich in 1931 nicht fortsetzen wird. Interessant sind die Kurven, die den Verkauf der einzelnen Wertpapiere anzeigen. Lange Zeit waren Vorzugsaktien, Bonds und Debentures die beim nordamerikanischen Publikum beliebtesten Papiere, weil sie eine sichere Rente abwarfen. Die Stammaktien spielten demgemäß bei der Finanzierung keine erhebliche Rolle; von den 1927 aufgenommenen 2,15 Mrd $ entfiel lediglich die 2 Mrd $ übersteigende Spitze auf die Ausgabe von Stammaktien. Das änderte sich fast mit einem Schlage, als die Börsenhausse die Möglichkeit leichter Vermögensvermehrung zeigte. Die Jahre 1927/29 zeigen ein scharfes Abfallen der Emission von Festverzinslichen, während entsprechend die Aktienausgaben zunahmen. Der Krach im Spätherbst 1929 hatte eine ebenso plötzliche Umkehr im Gefolge, die Aktienemissionen fielen auf den Betrag von 1927 zurück, Festverzinsliche nahmen zu. Trotzdem bis heute der Dividendenrekord der nordamerikanischen Elektrizitätswerke ungebrochen geblieben ist, werden ihre Aktien heute nicht mehr so gern genommen. Diese Wandlung in der Stimmung des amerikanischen Publikums dürfte auch für viele ausländische Geldnehmer beachtenswert sein, die mit Rücksicht auf die Stimmung der Jahre 1927/29 ihre Anleihen durch Umwandlungsrechte reizvoller zu gestalten suchten.

Abb. 9. Kapitalaufnahme der Elektrizitätsindustrie in den Jahren 1920 bis 1930.

Auch die Verzinsung der Festverzinslichen hat im Laufe der Dekade 1920/1930 starke Wandlungen durchgemacht. Die Einzelheiten gehen aus Abb. 10 hervor, auf der allerdings die ersten Jahre nicht mit bezeichnet sind. Gerade diese brachten sehr hohe Zinssätze, im Durchschnitt der festverzinslichen Papiere 8 %, teils als Folge des Kampfes um den Geldmarkt, teils als Folge geringen Zutrauens zur Industrie. Einige Werke waren so kurzsichtig gewesen, Anleihen herauszubringen, die mehr auf erhofften als auf tatsächlichen Verdiensten beruhten, was das sich entwickelnde Vertrauen des Publikums von vornherein beeinträchtigte. Die Industrie als Ganzes erntete die Früchte. Dazu kam noch eine damals im Gange befindliche Agitation für niedrigere Tarife und behördliche Überwachung. Alles das führte dazu, daß die Elektrizitätsindustrie für ihre Anleihen 1...2 % mehr bezahlen mußte als die Eisenbahnen. Die Anleihen aus jenen Jahren wirken immer noch nach, vom jährlichen Finanzbedarf der Industrie entfällt ein beträchtlicher Teil auf Umschuldungen, 1926 waren es 24 %, in den beiden folgenden Jahren sogar 40 %, dann 30 %, um im abgelaufenen Jahre wieder auf rd. 33 % anzusteigen. Die überhöhten Zinsen bestanden kaum zwei Jahre, dann besserte sich die Lage ständig, um 1927 mit einer Durchschnittsverzinsung von 5,46 % den Tiefpunkt zu erreichen. Seitdem ist eine leichte Steigerung zu verzeichnen, die aber nur unmerklich ist und in der Hauptsache auf erhöhte Dividenden auf Stammaktien zurückzuführen sein dürfte, denn die Verzinsung der Festverzinslichen ist heute durchweg niedriger als 1927, wie die Abb. 10 zeigt. Gesellschaften ersten Ranges geben schon seit längerem wieder 4,5prozentige Anleihen zu Auszahlungskursen aus, die nur wenig unter pari liegen.

Abb. 10. Verzinsung der ausgegebenen Wertpapiere seit 1924.

Die eben geschilderten Verhältnisse am Geldmarkte waren auch der Ursprung der Verschmelzungsbewegung, die zeitweilig so viel von sich reden machte. Die zahlreichen kleinen Einzelunternehmungen hatten zu wenig Kredit, eine zusammenfassende Gesellschaft war schon ihrer Größe wegen in einer günstigeren Lage. Dazu kam noch der Umstand, daß die Verteilung des Besitzes auf recht viele verschiedene Gebiete ihr eine größere Beständigkeit der Einnahmen zu gewährleisten schien. So war es zunächst das Bestreben der neuen Holdinggesellschaften, möglichst zerstreuten Besitz zu erwerben. Dann zeigte sich aber die Notwendigkeit regionaler Verschmelzung, die schließlich zu teilweiser Vereinigung der Holdinggesellschaften selbst führte. So bildeten sich große Gruppen, die manchmal mehrere Staaten versorgen. Dieser Prozeß wird auch noch weiter andauern. Die Schnelligkeit hängt vom Geldmarkte, dem Einfluß gesetzlicher Maßnahmen

(Sherman law) und dem der schon ausgegebenen Wertpapiere ab. Eine Teilung der Arbeiten in dem Sinne, daß der Holdinggesellschaft in der Hauptsache die finanziellen und politischen Aufgaben, den Betriebsgesellschaften die technischen zufallen, ist als zweckmäßig und notwendig erkannt worden. Auch eine unbeschränkte Ausdehnung der Betriebsgesellschaften hat sich nicht bewährt. Damit die Betriebsführung voll wirksam ist, muß ihr Versorgungsgebiet begrenzt sein. Das hat sich auch im Telephonbetriebe gezeigt. In den dünn besiedelten Gebirgsstaaten kann eine Gesellschaft wohl einen ganzen Staat versorgen, aber die dichter besiedelten Industriestaaten lassen sich nur von mindestens zwei bis drei Unternehmungen wirksam bedienen. Hier liegt die natürliche Grenze weiterer Verschmelzungen, deren Gipfelpunkt auch bereits vorüber ist. Im Jahre 1930 sind wenige Vorgänge von Bedeutung bekannt geworden. Einer der namhaftesten war die Unterwerfung der Standard Power & Light Corp., die ihrerseits wieder die Standard Gas & Electric Co. kontrolliert, unter die Kontrolle der United States Electric Power Corp. und H. M. Byllesby & Co. Eine Transaktion bedeutender Tragweite fand im Westen statt, wobei die bisher unabhängige Pacific Gas & Electric Co. die Kontrolle über die zur Gruppe North American Co. gehörige Great Western Power, Midland Counties und die San Joaquin Light & Power Co. erwarb, aber selbst der North American Co., einer der größten Holdinggesellschaften, ein bedeutendes Aktienpaket überlassen mußte. Sie muß seither dieser Gruppe zugerechnet werden. Andere Verschmelzungen von Bedeutung sind wohl erörtert, aber nicht ausgeführt worden, so namentlich die stark „getippte“ Verbindung der Niagara and Hudson Power Co. mit der Consolidated Gas Co. of New York. Diese Fusion, die mit Aktiven von 2,5 Mrd $ die größte public utility auf dem Gebiete der Elektrizitätsversorgung ergeben würde, ist vermutlich als Folge der Depression noch nicht zustande gekommen. Dasselbe gilt von der vor Jahresfrist fast fertigen Vereinigung der United Gas Improvement Co. mit der Public Service Corp. of New Jersey. Deren Versorgungsgebiet würde den Industriebezirk des amerikanischen Nordostens südlich von New York, vorwiegend die Staaten New Jersey, Delaware und Pennsylvania, umfassen. Großaktionärin beider Gesellschaften ist die Morgansche United Corporation, die auch eine Verbindung zur Electric Bond & Share Co., der bekannten Public Utility Holding der General Electric Co., unterhält. Hier scheint sich also eine Vereinigung zweier der großen Gruppen anzubahnen, die fast die gesamte Elektrizitätsindustrie der V. S. Amerika kontrollieren.

Über die Funkenstrecke „Kugel—Platte geerdet“ mit Abschirmungen.

(Mitteilung aus dem Hochspannungslaboratorium der T. H. Hannover.)

Von **H. Kastenbein** und **W. Kellermeyer**, Hannover.

Übersicht. Die Funkenstrecke „Kugel—Platte geerdet“ wird untersucht und besonders der Einfluß von Abschirmungen festgestellt. Ein Vorversuch mit der meist gebräuchlichen Funkenstrecke „Kugel—Kugel geerdet“ zeigt die große Störungsmöglichkeit der Meßergebnisse durch die Umgebung der Funkenstrecke. Zur Erzielung zuverlässiger Messungen wird die Verwendung von Abschirmungen empfohlen und ihr Einfluß an der weniger empfindlichen „quasisymmetrischen“ Anordnung „Kugel—Platte geerdet“ untersucht.

Bei Benutzung der Kugelfunkenstrecke zur Spannungsmessung für technische Zwecke kommt überwiegend einseitige Erdung in Betracht. Bei der Kugelfunkenstrecke mit einseitiger Erdung liegt ein unsymmetrisches System vor. Der Normung des VDE konnten nicht theoretisch berechenbare Werte zugrunde gelegt werden, sondern Versuchswerte, insbesondere die von P e e k j u n. Erfahrungsgemäß kommen in der Praxis nicht unerhebliche Abweichungen von den genormten Werten vor; F r a n c k [1] hat dieses Problem ausführlich behandelt. Wir haben an einer handelsüblichen Funkenstrecke mit Kugeln von 25 cm Dmr. in dem Bereich der VDE-Normen die in Abb. 1 dargestellten Verhältnisse gefunden. K ist das Verhältnis der gemessenen Spannung U_v zu dem Normenwert der Spannung U_n als Funktion der Schlagweite s dargestellt. Namentlich ist die vorgeschriebene Entfernung der Kugeln von benachbarten Leitern vom 2,5fachen des Kugeldurchmessers nicht ausreichend.

Haben wir 2 Kugeln mit symmetrischer Spannungsverteilung und bringen in die Mittelebene eine geerdete Platte, so wird nach der Theorie das Feld nicht geändert. Bei der Funkenstrecke „Kugel—Ebene geerdet“ hat man also eine quasisymmetrische Anordnung. Auf Anregung von S c h e r i n g wurde diese Funkenstrecke, auch mit Abschirmungen, untersucht.

Als Spannungsquelle diente ein Transformator ($N =$ 100 kVA, $\ddot{u} = 250\,000/500 = 500$), dessen Spannung durch Ändern der Erregung des speisenden Generators bis zum Überschlag gesteigert wurde. Das Übersetzungsverhältnis des Transformators wurde in einer Brückenschaltung[2] und der Scheitelfaktor nach 2 Methoden bestimmt: Aufnahme der Spannungskurve mit dem Oszillographen[2] und Messung des gleichgerichteten Ladestromes eines Kondensators nach dem Verfahren von C h u b b[3]; die Spannung wurde auf der Primärseite mit einem Voltmeter gemessen.

Die Funkenstrecke war senkrecht angeordnet. Die Kugel von 25 cm Dmr. hing über einer Messingplatte von 91 · 62 cm als Ebene, die durch eine Sperrholzplatte mit aufgeklebtem Stanniolbelag auf 245 · 200 cm vergrößert war. Die Aufhängevorrichtung der Kugel bestand aus einem Messingrohr mit darin verschiebbarem Schaft, der an seinem unteren Ende in den Schaft der Kugel überging. Der Kugelschaft hat einen Durchmesser von 3,0 cm bei einer Länge von 30 cm. Zur kontinuierlichen Verstellung dient ein Spannschloß. Die Verstellvorrichtung wurde durch ein Messingrohr gegen Sprühen geschützt. Auf dem Rohr befand sich eine Skala, die durch ein Fernrohr mit Mikrometerablesung beobachtet wurde und zur Bestimmung der Schlagweite diente. Die Abschirmung wurde aus zylindrischen Drahtgeflechten mit einer Maschenweite von 1 cm in folgenden Abmessungen hergestellt: 1,6, 1,3, 1,0 und 0,8 m Dmr.; die Höhe betrug 1,0 m. Ohne Abschirmung durch Zylinder bildeten nach drei Seiten die Wände im Abstand von 2,5 m die Grenzen des Raumes.

Abb. 1. Funkenstrecke „Kugel—Kugel geerdet“.

Die durch den Versuch gefundenen Scheitelwerte der Überschlagspannung wurden umgerechnet in Effektivwerte einer sinusförmigen Spannung vom gleichen Scheitelwert, um sie mit den theoretischen Werten vergleichen zu können. Nach Peek gilt für symmetrische Anordnung:

$$U = 19{,}62\left(1+\frac{0{,}757}{\sqrt{D}}\right) D \left(\frac{s}{D}\,\frac{1}{f_i}\right) [\mathrm{kV_{eff}}].$$

Da nun nach der Theorie die Überschlagspannung der Anordnung Kugel—Platte beim Abstande h gleich der halben Überschlagspannung der Anordnung Kugel—Kugel iso-

---

[1] S. F r a n c k, ETZ 1930, S. 778.

[2] S c h e r i n g u. B u r m e s t e r, Z. Instrumentenk. Bd. 44, S. 97 (1924).

[3] A. R o t h, Hochspannungstechnik, S. 356. Verlag Julius Springer, Berlin 1927.

liert beim Abstande $s = 2\,h$ ist (s. Abb. 2), lautet die Gleichung für unseren Fall:

$$U_{th} = \frac{19{,}62}{2}\left(1 + \frac{0{,}757}{\sqrt{D}}\right) D\left(\frac{2\,h}{D}\;\frac{1}{f_i}\right) [\mathrm{kV_{eff}}].$$

Das Verhältnis der aus dem Versuch sich ergebenden Spannungen U_v und der nach obiger Formel berechneten Spannungen U_{th} — es ist $K = U_v/U_{th}$ — ist in Abb. 3 als Funktion der Schlagweite h dargestellt, u. zw. zeigt das Schaubild die Mittelwerte von drei Meßreihen mit je etwa 30 Meßpunkten. Die Streuung der Meßpunkte betrug im Höchstfalle 0,3 %. Um einen Überblick über die Höhe der Spannungen zu geben, ist unter der Schlagweite h eine Skala für U_{th} gezeichnet. Die ohne Drahtkäfige aufgenommene Kurve zeigt bei größeren Schlagweiten eine zunehmende Abweichung von den theoretischen Werten. Bei den mit Abschirmung aufgenommenen Meßreihen wurde die Schlagweite so weit gesteigert, bis Überschläge von der Zuleitung zur Abschirmung eintraten. Der Kurvenlauf zeigt, daß bei Verwendung einer Abschirmung von 1,3 m Dmr. in einem Bereich $h =$ 5 ... 24 cm unter Zugrundelegung der theoretischen Werte auf etwa 0,5 % genau ohne Anbringung von Korrekturen gemessen werden kann. Der Spannungsbereich beträgt 80 ... 200 $\mathrm{kV_{eff}}$.

Abb. 2. Vergleich der symmetrischen Anordnung mit der Anordnung „Kugel—Platte geerdet".

Abb. 3. Funkenstrecke „Kugel—Platte geerdet".

Hiernach scheint es, daß die abgeschirmte Funkenstrecke Kugel—Ebene geerdet Vorteile hinsichtlich der Zuverlässigkeit der Messung gegenüber der Messung der Funkenstrecke Kugel—Kugel geerdet bietet. Leider ist es hier nicht möglich, mit größeren Kugeln und entsprechend höheren Spannungen Versuche anzustellen.

Die Elektrowärme in den V. S. Amerika.

In El. World[1] wird über die Zunahme der industriellen Elektrowärme in den V. S. Amerika im Zeitraum 1924 ... 1928 berichtet. Der Bericht stützt sich auf eine Rundfrage bei 14 Unternehmungen aller Größenordnungen, die zusammen rd. 15 % der gesamten Strommenge der V. S. Amerika erzeugen. Eines der größten Unternehmungen, das auch besonders viel Elektrowärmestrom-Abnehmer hat, wurde nicht in den Kreis der Betrachtung gezogen. In den genannten 4 Jahren liegt die Zunahme des Elektrowärmestromes prozentual über der aller anderen Abnehmergruppen. Ebenso steigt der Anteil des Elektrowärmestromes am gesamten Stromabsatz:

	1924	1928
Elektrowärmestrom . .	4,5%	5,8%
Motoren	49,4%	52,7%
Licht	25,9%	27,0%
Bahn	20,2%	14,5%
	100%	100%

Bei den verschiedenen Gesellschaften schwankt der Anteil der Elektrowärme im Jahre 1928 zwischen 0,6 % und 29,8 %. Die erstgenannte Gesellschaft ist Lieferantin einer großen Industrie- und Handelsstadt, die auch Hauptstadt ist; die zweitgenannte mit nur etwa 20 % des Gesamtstromabsatzes der erstgenannten Gesellschaft beliefert als Hauptabnehmer einen großen Konzern, in dem die Elektrowärme vorwiegend zum Schmelzen verbraucht wird. Der mittlere Strompreis für alle Gesellschaften war für Elektrowärmestrom etwas unter 5 Pf/kWh.

Die Kraftwerke rechnen mit einem gleich schnellen Anstieg in den nächsten Jahren. Die Arbeit schließt mit der Feststellung, daß in Anbetracht dieser Umstände nicht nur die Industrie, sondern jedes Kraftwerksunternehmen an der Erforschung der Elektrowärme sich beteiligen müsse. *Pk.*

[1] El. World Bd. 95, S. 157.

Mitteilungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

Bekanntmachung über Prüfungen und Beglaubigungen durch die Elektrischen Prüfämter[1].

Nr. 300.

Auf Grund des § 10 des Gesetzes vom 1. VI. 1898. betreffend die elektrischen Maßeinheiten, werden dem System 146 folgende Elektrizitätszählerformen als Zusatz eingereiht.

Zusatz zu System 146, die Formen V'NE, V'NE/2, V'NEd und V'NEd/2, Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom, hergestellt von der **Bergmann-Elektricitäts-Werke Aktiengesellschaft** in Berlin.

Berlin-Charlottenburg, den 21. IV. 1931.

Der Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.
Paschen.

Beschreibung.

Zusatz zu System 146,

die Formen V'NE, V'NE/2, V'NEd und V'NEd/2, Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom, hergestellt von der Bergmann-Elektricitäts-Werke Aktiengesellschaft in Berlin.

Die durch die Bekanntmachung Nr. 249 vom 3. X. 1927 (ETZ 1928, S. 100) zur Beglaubigung zugelassenen Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom der Formen VNE, VNE/2, VNEd und VNEd/2 des Systems 146 werden auch in abgeänderter Ausführung mit den Formbezeichnungen V'NE, V'NE/2, V'NEd und V'NEd/2 hergestellt und können in dieser Ausführung für die gleichen Meßbereiche wie die bisherigen Ausführungen beglaubigt werden.

Die Zähler der neuen Ausführung unterscheiden sich von denen der bisherigen Ausführung in folgenden Punkten:

1. Die Zähler sind mit einer Vorrichtung ausgerüstet, die dazu dient, die Abhängigkeit der Zählerangaben von Temperaturänderungen möglichst herabzusetzen. Diese Vorrichtung besteht aus zwei Teilen. Erstens ist am Bremsmagneten ein magnetischer Nebenschluß aus einem Material angebracht, dessen magnetische Durchlässigkeit von der Temperatur abhängig ist, und zweitens ist auf dem magnetischen Nebenschluß des Spannungseisens ein Kurzschlußkreis in Gestalt eines in den Drosselspalt eingelegten Kupferbleches angebracht.
2. Die Spannungsspulen haben eine etwas geringere Windungszahl bei gleichzeitiger Verstärkung der Drahtquerschnitte erhalten.
3. Zur genauen Abgleichung der 90°-Verschiebung zwischen den wirksamen Feldern bei induktionsloser Belastung werden anstatt der regelbaren Widerstandsschleife feine als Kurzschlußringe ausgebildete Kupferdrähte je nach Bedarf auf dem Joch des Strom- oder Spannungseisens angebracht.
4. Der magnetische Nebenschlußbügel am Stromeisen ist so ausgebildet, daß ein Lappen dieses Bügels durch Abbiegen in seiner Stellung verändert werden kann. Hierdurch wird bewirkt, daß die Lastkurve der Zähler, d. h. die Abhängigkeit der Zählerangaben von der Stromstärke, in geringem Maße beeinflußt werden kann.

Die eingereichten Zähler hatten etwa die gleichen Eigenschaften wie die bisher zugelassenen Zählerformen.

[1] Reichsministerialblatt 1931, S. 333.

RUNDSCHAU.

Leitungen.

Über den Trocknungsvorgang von Kabeln mit Papierisolierung. — Die Überwachung des sehr wichtigen Trocknungsvorganges bei Starkstrom- und Fernmeldekabeln durch elektrische Messungen ist zeitraubend und wegen der starken Abhängigkeit der elektrischen Größen von der Temperatur bei nicht genauer Kenntnis der Temperaturverteilung im Heizkessel unzuverlässig. Als geeignet hat sich ein Absorptionsverfahren erwiesen. In einem Glasgefäß (Abb. 1), dessen Vakuum mindestens 10mal höher ist als das des Trockenkessels, läßt man eine Probe des Kesselinhalts überströmen, dann hebt man die Verbindung mit dem Kessel auf. An das Glasgefäß, das ein Absorptionsmittel (Phosphorpentoxyd) enthält, ist ein Manometer mit Ablesevorrichtung angeschlossen. Im ersten Moment zeigt das Manometer den Druck des Kessels an. Bald wirkt aber das Absorptionsmittel und hat nach 5 ... 10 min allen Wasserdampf absorbiert. Dabei sinkt das Quecksilber im Manometer um einige Millimeter, und diese Druckänderung entspricht dem Druck des Wasserdampfrestes im Kessel. Am Ende des Trocknungsvorganges ist dieser Restdruck praktisch Null, d. h. aus dem Kabel entweicht keine weitere Feuchtigkeit mehr. In dieser Form oder als Differentialgerät ausgebildet, zeigt dieser Apparat den durchschnittlichen Trockenheitsgrad der Kabelisolation an. Will man aber den Trockenheitsgrad einzelner Schichten der Isolation feststellen, so empfiehlt sich die Prüfung der vom Feuchtigkeitsgehalt sehr stark, vom Tränkungsmittel (Öl, Harz, usw.) gar nicht abhängigen Falzfestigkeit des abgewickelten Papiers, z. B. mit der Schopperschen Falzmaschine. Während bei 5 bis 8 %, also bei normaler Feuchtigkeit, bis zum Zerreißen etwa 8000 Doppelfalzungen ausgehalten werden, sinkt diese Zahl bei völlig trocknem Papier auf 1 ... 5. Führt man diese Prüfung lagenweise durch und trägt das Ergebnis graphisch auf, so machen sich Mängel der Trocknung durch starke Zacken im sonst gleichmäßigen Verlauf der Kurve bemerkbar. (W. Vogel, Carlswerk-Rundschau 1930, H. 7, S. 19.) *Eg.*

1 Anschluß zum Kessel
2 Vakuumgefäß
3 Absorptionsmittel
4 Manometer.

Abb. 1. Apparatur zur Verfolgung des Trocknungsvorganges

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

Gleichstrom-Kraftübertragung. — In einem Vortrag auf der Midwest Power Engineering Conference in Chicago behandelt C. W. Stone, Ber. Ing. der General Electric Co, die vielseitige Verwendung des GEC-Quecksilberdampf-Gleichrichters und -Glühkathoden-Wechselrichters, der „Thyratron“ - Röhre, die es ermöglicht, bei Drehstromerzeugung die Fernlinie mit Gleichstrom zu betreiben, der am Ende der Übertragung zur weiteren Verteilung wieder in Drehstrom zurückgeformt wird — so, wie das hier in dem Aufsatz „Kraftübertragung auf große Entfernung bei verschiedenen Stromarten“ bei Verwendung von Quecksilberdampf-Gleichrichtern und gittergesteuerten Quecksilberdampf-Wechselrichtern (Rectinverter) beschrieben und veranschlagt wurde[1]. Die Abhandlung betont mehr die betriebstechnischen Vorteile des Gleichstroms. Selbst wenn die Kosten der Gleichstromanlage, die heute — noch ohne Erfahrungen der Praxis — schwierig festzustellen wären, sich teurer stellten, was aber nicht anzunehmen wäre, so könnten die Mehrkosten durch die Vorteile im Betrieb als aufgewogen gelten. Die Abhandlung entwickelt folgende Gedanken:

[1] ETZ 1931, S. 689.

Da es von Interesse sein dürfte, die Ansichten eines großen amerikanischen Konzerns über dieses heute noch viel umstrittene Thema kennen zu lernen, auch wenn sie an sich nicht viel Neues bieten, geben wir im nachstehenden einen gekürzten Auszug.

1. Die Vorzüge der Gleichstromübertragung fangen schon im Kraftwerk an und setzen sich durch das ganze System hindurch fort. Das Parallelarbeiten von Maschinen im Werk oder verschiedener Netze, die Lastverteilung usw. sind einzustellen durch alleinige Regelung der Spannung — gegenüber dem Drehstrombetrieb mit einer Einregelung der beiderseitigen Spannungen, Einstellung der Phasengleichheit und Belastung durch den Regler der Antriebsmaschinen. Verfasser sagt: „Bei Gleichstrom kontrolliert der Betriebsführer das System, bei Drehstrom das System den Betriebsführer.“

2. Die Generatoren arbeiten mit einheitlichem Belastungsfaktor, Stabilitätsfragen kommen nicht zur Geltung, und die Frequenz kann ganz nach der Maßgabe der billigsten Konstruktion gewählt werden, deren Ausmaße durch die zulässige Temperaturerhöhung bestimmt werden. Das bedeutet die Möglichkeit, billigere Generatoren bauen zu können.

3. Schwere Hochspannungs-Ölschalter fallen fort. Der Thyratron selbst ist ein Einwegschalter durch Beeinflussung des minimalen Steuerstromes; ein Rückwärtsströmen der Energie ist bei ihm unmöglich. In die Kurzschlußstelle kann nicht mehr Energie einfließen als der Rectinverter gestattet, und durch geeignete Maßnahmen kann man die Begrenzung des Kurzschlusses auf einen Bruchteil des Stromkreises erzielen.

4. Die Schaltoperation nimmt man auf der Niedervolt-Drehstromseite vor durch einfache Hebelschalter. Hochspannungsabschaltung bei Gleichstrom kann man so vermeiden.

5. Bei Parallelschaltung zweier Netzsysteme spielt heute der Versuch, die über die Verbindung fließenden wattlosen Blindströme zu beeinflussen, eine große Rolle. Frequenzformer verschiedener Arten, Transformatoren mit Stufenschaltern unter Last, Phasenschieber, werden mit wechselndem Erfolg angewendet, wo dagegen Gleichrichter und Rectinverter die Verbindung vermitteln, kommen wattlose Ströme nicht auf; die heute so lästigen Schwierigkeiten verschwinden so gänzlich. Daher werden die Netzzusammenschlüsse mit der Gleichstromübertragung in bedeutendem Umfang zunehmen zum Vorteil aller Beteiligten.

6. Die Fernübertragungskosten werden gegen heute sehr vermindert werden. Mit Gleichrichtern am Anfang und Wechselrichtern am Ende erlaubt der Gleichstrom im allgemeinen die wirtschaftliche Kraftübertragung durch Freileitungen über ganz beträchtlich größere Entfernungen, als sie mit Drehstrom erreicht werden können. Damit können heute entlegene Wasserkräfte wirtschaftlich ausgenutzt werden. Man kann die heutigen Konstruktionselemente mit Vorteil dem Gleichstrombetrieb anpassen, aber es wird doch ein interessantes Forschungsgebiet werden, die heute mehr nach den Anforderungen der elektrostatistischen Kapazität als nach dem Widerstand bemessenen Isolatoren in hochohmige umzubilden, wie der hochvoltige Gleichstrom sie verlangt.

Über Gleichstromkorona ist heute nicht viel bekannt, aber man kann annehmen, daß bei Voltzahlen wie den der heutigen Höchstspannungs-Drehstromleitungen Korona nicht auftreten wird. Welchen Einfluß sie darüber hinaus auf Leiter und Isolatoren ausüben wird, ist schwer vorher zu sagen.

Reaktive Spannungsgefälle und ihre Begleiterscheinungen auf Regelung und Stabilität fallen bei Gleichstrom fort.

7. Bei Kabeln wird man Einleiterkabel mit massivem Dielektrikum, besser als mit Ölfüllung, — in Einzelröhren verlegt — ohne Bleimantel anwenden, wodurch eine sichere Poltrennung erzielt wird. Reaktanz- und Kapazitätseffekte, wechselnde Ladestörme, Ionisationserscheinungen in Hohlräumen treten nicht in Erscheinung, und nur die Erwärmungsverluste bleiben als belastungsbegrenzend übrig. Während bei Drehstrom die elektrostatische Kapazität des Kabels die Länge des Übertragungskreises namentlich bei hohen Spannungen und großen Energiemengen begrenzt, ist bei Gleichstrom nur der Ohmsche Widerstand zu berücksichtigen.

Da Fehler im Gleichstromkabel verhältnismäßig selten vorkommen, wird man bei Gleichstrom das teuere Duct-System wieder verlassen und die Kabel wieder in Gräben verlegen. Auch das Verhältnis der Kosten der unterirdischen und oberirdischen Verlegung ist bei Gleichstrom geringer, so daß mit der unterirdischen Verlegung eine bedeutend größere Betriebsicherheit erzielt wird. Damit verbunden sind auch die bekannten Vorteile des Edison-Dreileitersystems.

8. Die bekannte Eigenschaft des Rectinverters, den Gleichstrom in Drehstrom von praktisch beliebiger Periodenzahl umzuformen, ist zukünftig von hohem Einfluß bei Kupplung von Netzen mit 60 oder 50 Hz mit Stromgebieten von 25 oder 16⅔ Hz, u. zw. bedeutend wirtschaftlicher und betriebsicherer, als dies heute mit Motorgeneratoren möglich ist.

9. Bei Kupplung von Drehstrom- und Gleichstromnetzen dient der Rectinverter in Gleichrichterschaltung unmittelbar als eine Art Rückwattschalter, der ein Rückfluten von Strom nicht gestattet. Sobald im Gleichstromnetz die Spannung fällt, liefert er wie eine Akkumulatorenbatterie Strom in das Netz.

10. Der Verfasser zeigt dann an einem Zahlenbeispiel, daß bei Umwandlung eines Drehstromkabelnetzes auf Gleichstrom und Schaltung je eines Rectinverters zwischen je einen der Leiter und den dritten eines dreifachverseilten existierenden Kabels — im Edison-Dreileitersystem oder bei zwei parallel verlegten Dreifachkabeln im Fünfleitersystem — bedeutend höhere Energien übertragen werden und der Nutzeffekt der ganzen Anlage gesteigert wird.

C. W. Stone schließt: „Es mag Ihnen nach dem Mitgeteilten so vorkommen, als verkünde ich Ihnen ‚ein Zeitalter der ewigen Freude'. — Das ist leider noch nicht der Fall. Es bedarf noch tüchtiger Zusammenarbeit von Betriebs- und Industrie-Ingenieuren. Theorie und Versuchspraxis bestätigen meine Worte, aber es bedarf noch Zeit und Geduld zu praktischen Versuchserfahrungen." (El. World Bd. 97, S. 488.) *Gch.*

Ein schwimmendes Kraftwerk. — Die New England Public Service Co., die einen großen Teil des Stromes für Maine und New Hampshire, besonders entlang der Küste, liefert, hat nach eingehenden Untersuchungen ein 7000 t-Frachtschiff „Jacona" zu einem schwimmenden Kraftwerk von 20 000 kW Leistung durch Einbau von neuen Hochdruckkesseln mit Ölfeuerung, zwei 10 000 kW-Turbogeneratoren und allen Verbesserungen eines neuzeitlichen Kraftwerks ausgebaut. Obgleich die New England Public Service Co. diesen Gedanken eines schwimmenden Kraftwerks schon seit zwei Jahren hatte, wurde die Aufmerksamkeit auf einen Betrieb dieser Art erst im letzten Jahre gelenkt, als das Flugzeug-Mutterschiff „Lexington" während 30 Tagen dazu benutzt wurde, an die Stadt Tacoma, Washington, Strom zu liefern, weil infolge großer Trockenheit die dortige Wasserkraftanlage wegen Mangels an Wasser nicht genügend Strom liefern konnte und die elektrischen Betriebe dadurch gefährdet waren.

Obgleich die Anlagekosten des schwimmenden New-England-Kraftwerks über 4 200 000 RM betrugen, glaubt man, daß es fast die doppelte Betriebszeit als irgendein gleichwertiges ortsfestes Kraftwerk während eines Jahres zur Verfügung stehen wird. Ferner findet eine große Ersparnis an Leitungskosten statt, weil die Anlage in jedem Hafen entlang der Küste in nächster Nähe zur Hauptstromabnahme zur Verwendung kommen kann. Während die Kosten dieses Kraftwerks sich nicht streng mit den Kosten eines neuen Kraftwerks am Lande vergleichen lassen, weil der Kaufpreis und die Kosten des Umbaues des Schiffes wahrscheinlich geringer sind als die Kosten des Baues eines ähnlichen Schiffes für diesen besonderen Zweck, so bietet doch diese Art Kraftwerk andere Vorteile. Darunter mögen die verringerten Kosten des Kondenswassersystems erwähnt werden und die geringeren Fundamentierungskosten.

Tritt also an irgendeiner Stelle der New-England-Küste Strommangel ein, so ist es nur nötig, die „Jacoma" an einer passenden Stelle zu verankern, die elektrische Verbindung herzustellen und für die nötige Zufuhr an Brennstoff zu sorgen. Das Kesselspeisewasser wird an Bord selbst destilliert. Somit können bis zu 20 000 kW innerhalb einiger Tage zur Verfügung gestellt werden, während es Wochen dauern würde, eine neue Leitung zu legen, oder Monate zur Errichtung eines neuen Kraftwerkes.

Man kann wohl dem Gedanken näher treten, daß dieser erste Schritt, falls er sich erfolgreich erweist, der Anfang zur Einrichtung mehrerer Schiffe sein wird, die an den Küsten, auf den Seen oder auf schiffbaren Flüssen vorteilhaft verwendet werden können. (Industrial Bull. 1930, H. 42.) *Ill.*

Elektromaschinenbau.

Das Kreisdiagramm des Lufttransformators. — Die Gleichungen des Lufttransformators sind bekanntlich

$$\mathfrak{U}_1 = \mathfrak{J}_1 (R_1 + j\,\omega\,L_1) + j\,\omega\,M\,\mathfrak{J}_2 \qquad (1)$$

$$0 = \mathfrak{J}_2 (R_2 + j\,\omega\,L_2 + \mathfrak{Z}) + j\,\omega\,M\,\mathfrak{J}_1. \qquad (2)$$

Die durch $\mathfrak{Z}$ dargestellte Sekundärlast sei veränderlich, u. zw. nur dem absoluten Betrage nach gemäß

$$\mathfrak{Z} = p\,\mathfrak{Z}_0 = p\,Z_0\,e^{j\varphi},$$

d. h. φ sei konstant. Mit Einführung der totalen Streuung σ wird

$$M^2 = L_1\,L_2\,(1 - \sigma)$$

Setzt man noch

$$R_1 + j\,\omega\,L_1 = \mathfrak{z}_{1\lambda} = z_{1\lambda}\,e^{j\varphi_{1\lambda}}$$

$$\frac{(R_1 + j\,\omega\,L_1)\,R_2 + j\,\omega\,L_2\,(R_1 + j\,\omega\,L_1\,\sigma)}{R_2 + j\,\omega\,L_2} = \mathfrak{z}_{1\varkappa} = z_{1\varkappa}\,e^{j\varphi_{1\varkappa}}$$

$$R_2 + j\,\omega\,L_2 = \mathfrak{z}_{2\lambda} = z_{2\lambda}\,e^{j\varphi_{2\lambda}},$$

wobei $\mathfrak{z}_{1\lambda}$ und $\mathfrak{z}_{1\varkappa}$ die von der Primärseite aus gemessenen Widerstandswerte bei Leerlauf bzw. Kurzschluß und $\mathfrak{z}_{2\lambda}$ den von der Sekundärseite aus gemessenen Wert bei Leerlauf bedeuten, so erhält man aus Gl. (1) und (2) durch Eliminieren von $\mathfrak{J}_2$ für den Primärstrom

$$\mathfrak{J}_1 = \frac{\mathfrak{U}_1\,(\mathfrak{z}_{2\lambda} + p\,\mathfrak{Z}_0)}{\mathfrak{z}_{1\varkappa}\,\mathfrak{z}_{2\lambda} + \mathfrak{z}_{1\lambda}\,p\,\mathfrak{Z}_0}. \qquad (3)$$

Zwei Punkte des die Ortskurve bildenden Kreises sind ohne weiteres gegeben durch Leerlauf- und Kurzschlußstrom $\mathfrak{J}_{1\lambda}$ bzw. $\mathfrak{J}_{1\varkappa}$. Den ersten geometrischen Ort für den Mittelpunkt M_1 des Kreises bildet die Mittelsenkrechte auf $P_{1\lambda}\,P_{1\varkappa}$ (Abb. 2). Den zweiten geometrischen Ort erhält man durch Antragen des Winkels $\varphi_{1\lambda} + \varphi + 90°$ an $OP_{1\lambda}$ in $P_{1\lambda}$.

Abb. 2. Konstruktion der Kreisdiagramme für $\mathfrak{J}_1$, $\mathfrak{J}_2$ und $\mathfrak{U}_2$.

Aus Gl. (2) und (3) ergibt sich der Sekundärstrom zu

$$\mathfrak{J}_2 = \frac{-j\,\omega\,M\,\mathfrak{U}_1}{\mathfrak{z}_{1\varkappa}\,\mathfrak{z}_{2\lambda} + \mathfrak{z}_{1\lambda}\,p\,\mathfrak{Z}_0}. \qquad (4)$$

Die Ortskurve stellt einen Kreis durch O dar. Aus dem Kurzschlußversuch bestimmt man mit dem Stromübersetzungsverhältnis die Größe von $\mathfrak{J}_{2\varkappa}$; die Phase ist um $90° + \varphi_{1\lambda}$ voreilend gegen $\overrightarrow{P_{1\lambda}\,P_{1\varkappa}}$. Den ersten geometrischen Ort für den Kreismittelpunkt M_2 gewinnt man in der Mittelsenkrechten auf $\mathfrak{J}_{2\varkappa}$, den zweiten durch Antragen des Winkels $\varphi_{1\lambda} + \varphi$ an die Verlängerung von $\mathfrak{U}_1$.

Für die Sekundärspannung gilt

$$\mathfrak{U}_2 = \mathfrak{J}_2\,\mathfrak{Z} = \frac{-j\,\omega\,M\,\mathfrak{U}_1\,p\,\mathfrak{Z}_0}{\mathfrak{z}_{1\varkappa}\,\mathfrak{z}_{2\lambda} + \mathfrak{z}_{1\lambda}\,p\,\mathfrak{Z}_0}. \qquad (5)$$

Als Ortskurve erhält man wieder einen Kreis durch den Ursprung. Die Größe von $\mathfrak{U}_{2\lambda}$ ergibt sich aus dem Leerlaufversuch durch das Spannungsübersetzungsverhältnis, die Phase ist um $90° + \varphi_{1\lambda}$ nacheilend gegen $\mathfrak{U}_1$. Erster geometrischer Ort für den Kreismittelpunkt M_3 ist die Mittelsenkrechte auf $\mathfrak{U}_{2\lambda}$, zweiter geometrischer Ort der um $90° + \varphi$ gegen $\mathfrak{J}_{2\varkappa}$ voreilende Strahl. (G. Hauffe, El. u. Maschinenb. Bd. 48, S. 629 u. 760.) *Fbg.*

Apparate.

Ölgefüllte Strombegrenzungsdrosseln. — Mit den Leistungen der Kraftwerke wachsen auch die verheerenden Wirkungen etwaiger Kurzschlüsse auf ihre Sammelschienen. Es ergab sich dadurch ganz zwangläufig die Aufgabe, die einzelnen Bauelemente für den elektrischen Teil der Großkraftwerke „in sich" so kurzschlußsicher wie irgend möglich zu gestalten. Man ist infolgedessen auch dazu übergegangen, an Stelle der bekannten offenen Strombegrenzungsdrosseln Konstruktionen zu entwickeln, bei denen das Spulensystem in einem ölgefüllten Stahlkessel untergebracht ist. F. H. Kierstead berichtet über die Prinzipien, welche den von der General Electric Co. entwickelten Konstruktionen ölgefüllter Strombegrenzungsdrosseln zugrunde liegen.

Würde man das Spulensystem einer solchen Drossel ohne besondere Vorsichtsmaßnahmen im Ölkessel anordnen, so würden sich naturgemäß große Verluste durch Hysteresis und Wirbelströme ergeben. Zur Abschirmung der Kesselwandung gegen den magnetischen Kraftfluß der Drossel sind zwei Möglichkeiten gegeben: Einmal kann zwischen Spulensystem und Kesselwand ein aus magnetisierbarem (geblättertem) Werkstoff bestehender Schild angeordnet werden, der für den magnetischen Fluß des Spulensystems einen Pfad geringeren magnetischen Widerstandes bildet als die Stahlwand des Kessels und ihn daher von dieser abzieht; sodann aber kann der Kessel auch mit Ringen aus nichtmagnetisierbarem Werkstoff (z. B. Kupfer) ausgekleidet werden, welche konzentrisch zu den Windungen des Spulensystems zwischen diesem und der Kesselwandung liegen. Die in den Ringen induzierten Ströme halten dabei den magnetischen Fluß des Spulensystems aus der Kesselwand fern. Der in dem Schild fließende Strom kann durch geeignete Bemessung der Schildreaktanz auf einen vorbestimmten Wert gebracht werden, und ebenso können die im Schild auftretenden Verluste durch entsprechende Bemessung der Ringquerschnitte auf einer zulässigen Höhe gehalten werden.

Die GEC hat von der zuletzt genannten Methode der Kesselabschirmung Gebrauch gemacht. Die von ihr entwickelten ölgefüllten Strombegrenzungsdrosseln sind mit Kupferringen ausgerüstet, welche fest gegen die Kesselwand gepreßt und dann noch mit dieser verschweißt sind. Eine derartige Anordnung hat den Vorteil, daß sie in einfachster Weise auch für die Kühlung der Drossel nutzbar gemacht werden kann. Es ist dazu nur nötig, an Stelle der Kupferringe eine Kupferrohrschlange vorzusehen, durch die dann das Kühlwasser fließen kann. Die gewählte Konstruktion bietet aber noch weitere Vorteile. Vor allem ist sie außerordentlich einfach und ebenso fest wie dauerhaft. Die Festigkeit der Konstruktion wird noch dadurch verstärkt, daß die von dem Spulensystem ausgehenden magnetischen Kräfte den Schild gegen die Kesselwand pressen. Demgegenüber würde ein Schild aus magnetisierbarem Werkstoff aus einer Unzahl langer dünner Blechstreifen und einer großen Anzahl von sonstigen Kleinteilen bestehen, während die magnetischen Kräfte gleichzeitig bestrebt wären, den in sich wenig festen Schild in das Spulensystem hereinzureißen. Eine mit einem Kupferschirm versehene Öldrossel hat überdies bei allen Strömen eine gleichbleibende Reaktanz, während Drosseln mit Schirmen aus magnetisierbarem Werkstoff bei Kurzschluß infolge der Sättigung eine starke Herabsetzung der Reaktanz erfahren. Eine Drossel mit einem Schirm aus magnetisierbarem Werkstoff müßte also bei normalem Strom eine verhältnismäßig sehr viel größere Reaktanz haben als eine Drossel mit Kupferschirm, was natürlich auch eine entsprechend größere kVA-Aufnahme zur Folge hätte. Schließlich sind die Verluste der Drossel mit Kupferschirm bei Kurzschluß genau errechenbar, im Gegensatz zum Schild aus magnetisierbarem Werkstoff.

Kierstead erörtert weiter die magnetischen Kräfte, welche in ölgefüllten Strombegrenzungsdrosseln auftreten können. Es sind dies 1. die radiale Kraft, welche den Durchmesser des Spulensystems zu vergrößern sucht, 2. die axiale Kraft, welche die Länge des Spulensystems zu verkleinern sucht, 3. die radiale Kraft zwischen Spulensystem und Kesselschirm, 4. die axiale Kraft zwischen Spulensystem und Kesselschirm. Die unter 1. und 2. genannten Kräfte bieten keine Schwierigkeiten, da sie konstruktiv ohne weiteres beherrscht werden können. Die unter 3. genannte Kraft wirkt ausgesprochen günstig, da sie den Schild an die Kesselwandung preßt. Die unter 4. genannte Kraft schließlich kann aus konstruktiven Gründen vernachlässigt werden (sie wird Null, wenn sich die Mittellinien des Spulensystems und des Schildes decken, was mit guter Genauigkeit erreichbar ist). Die Verluste in den von der GEC gebauten Drosseln sind so gering, daß zu ihrer Messung eigens gebaute Wattmeter benutzt werden mußten.

Zur Frage der Anwendungsmöglichkeit für ölgefüllte Strombegrenzungsdrosseln werden von Kierstead folgende Vorschläge gemacht: 1. Anlagen, bei denen es in Anbetracht der großen Leistungen und der Wichtigkeit der Anlage als Zentralwerk erwünscht ist, daß die Drosseln unter allen Umständen vor äußeren Einflüssen geschützt sind. 2. Freiluftanlagen von 12 000 V ab, sofern die Spulen als Sammelschienendrosseln dienen, und von 26 400 V ab, wenn sie als Kabelschutz verwendet werden; 3. Innenaufstellung bei Spannungen über 33 000 V; 4. Anlagen, wo es schwierig ist, die Drosseln in Zellen unterzubringen. Als wassergekühlte Drosseln werden sie vorteilhaft dann ausgeführt, wenn sie nur selten gebraucht werden. (F. H. Kierstead, Gen. El. Rev. Bd. 32, S. 156.) *ck.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

Die Beanspruchung der Stromwandler beim Kurzschluß im Netz. — Kurzschluß im Netz bedeutet für die Stromwandler eine Beanspruchung, die in thermischer und mechanischer Hinsicht weit über die Normalbeanspruchung hinausgeht. Bei zu schwacher Bemessung werden daher die Stromwandler beim Netzkurzschluß zerstört, wobei sie einen mehr oder minder großen Teil der Anlage zum Erliegen bringen können. Am gefährlichsten ist die thermische Überbeanspruchung der Stromwandler, welche entweder eine Verkohlung der Isolation mit ihren gefährlichen Folgen hervorruft oder sogar primär durch die Erhitzung der Wicklung die Ursache des Wicklungsbruches unter dem Einfluß der Kurzschlußkräfte werden kann. Um bei einem gegebenen Stromwandler diese Gefahr zu vermeiden, muß man wissen, welchen Strom man eine gewisse Zeit t zulassen darf, ohne daß die Wicklungstemperatur übermäßig hoch ansteigt. Für die hier in Betracht kommenden kurzen Zeiten kann man von der durch Leitung oder Strahlung abgeführten Wärme vollständig absehen, so daß die gesamte Kurzschlußwärme zur Erhitzung der Wicklung dient. Man erhält dann durch Integration der Erwärmungsgleichung unter Berücksichtigung der Temperaturabhängigkeit des Widerstandes den höchstzulässigen Strom I im Verhältnis zum Nennstrom I_n nach der Formel

$$\frac{I}{I_n} = \frac{1}{\mathfrak{i}_n} \cdot \frac{10^4}{\sqrt{\dfrac{0{,}08}{\lg \dfrac{\frac{1}{\alpha} + \Theta_2}{\frac{1}{\alpha} + \Theta_1}} \cdot t}}.$$

Darin bedeuten $\mathfrak{i}_n$ die Nennstromdichte der Wicklung, Θ_2, Θ_1 die Wicklungstemperaturen nach und vor dem Kurzschluß, $\alpha = \frac{1}{234{,}5}$ den Temperaturkoeffizienten des Kupfers und t die Wirkungsdauer des Kurzschlußstromes. Sei beispielsweise $\Theta_1 = 15°$, $\Theta_2 = 250°$, $t = 1$ s, so findet man für eine Normalstromdichte von 163 A/cm² als Überlastbarkeit des Stromwandlers

$$\frac{I}{I_n} = \frac{1}{163} \cdot \frac{10^4}{\sqrt{\dfrac{0{,}08}{\lg \dfrac{489{,}5}{249{,}5}} \cdot 1}} = 116.$$

Will man umgekehrt die Wandler so auslegen, daß sie den 60fachen Nennstrom 1 s lang unter den oben genannten Bedingungen aushalten, so muß man die Kupferquerschnitte entsprechend der folgenden Zahlentafel wählen:

Nennstrom in A	Kupferquerschnitt in mm²	Nennstrom in A	Kupferquerschnitt in mm²
1	0,38	20	7,6
5	1,9	50	19
10	3,8	100	38

Dabei beträgt die Normalstromdichte 260 A/cm². Übrigens ist vom Standpunkt der thermischen Überlastbarkeit bei Kurzschluß der luftgekühlte Stromwandler dem Ölstromwandler überlegen; denn da in den hier wirksamen Zeiten die Wärmeableitung durch das Öl noch nicht merklich ist, hat man mit der Entstehung explosibler Gasgemische zu rechnen, die unter Umständen den Wandler zerstören können. Dagegen rechnet man leicht nach, daß die Eisenerwärmung in allen Stromwandlern trotz der erheblichen Übersättigung beim Durchfluß der starken Kurzschlußströme außerordentlich klein bleibt.

Die mechanische Beanspruchung der Wandler läßt sich in mehrere Komponenten aufspalten. Zunächst erfährt jede Wicklung in sich Kräfte, die die Windungen zusammenzupressen suchen. Von weit größerer Bedeutung sind dagegen die Kräfte, welche die beiden Wicklungen aufeinander ausüben. Die gesamte Radialkraft P_r verteilt sich auf die Wicklungsfläche der Höhe h und des Halbmessers R und gibt hierdurch zu einem „Kesseldruck" p Anlaß, der die Wicklungen beansprucht:

$$p = \frac{P_r}{2\pi R h}.$$

Die Radialkraft selbst kann aus der Streuselbstinduktion des Wandlers bestimmt werden:

$$P_r = 0{,}412\,(w\,i)^2\,\frac{R}{h}\,.\,10^{-6}\ \text{kg},$$

wenn $w\,i$ die Durchflutung bezeichnet. Da der Kesseldruck von der Wicklung aufgenommen werden muß, deren gesamter Kupferquerschnitt S betrage, wird das Kupfer mechanisch mit der Spannung

$$\sigma = \frac{p\,R\,h}{S} = \frac{P_r}{2\pi S}$$

beansprucht. Beim Kurzschluß im Netz darf σ die Elastizitätsgrenze des Kupfers nach Abb. 3 nicht überschreiten. Aus dieser Bedingung folgt der höchstzulässige Strom[1]

$$I = \frac{1}{w\sqrt{2}}\sqrt{\frac{\sigma\,.\,2\pi S}{0{,}412}\,\frac{h}{R}}\,.\,10^3.$$

Ist f_k der Kupferfüllfaktor, b die seitliche Breite der Wicklung, so ergibt sich hiermit die mechnische Überlastbarkeit des Wandlers

$$\frac{I}{I_n} = \frac{1}{i_n}\,\frac{1}{w\sqrt{2}}\,\sqrt{\frac{2\pi\sigma}{0{,}412\,R\,b\,f_k}}\,.\,10^3.$$

Aus dieser Formel läßt sich gleichzeitig der Zerreißstrom der Wicklung berechnen, wenn man für σ die Zerreißfestigkeit des Kupfers bei der betreffenden Wicklungstemperatur einsetzt. — Zu diesen radialen Kräften treten bei unsymmetrischer Anordnung der Wicklungen Axialkräfte, die allerdings wesentlich schwerer zahlenmäßig zu berechnen sind; man muß sich im allgemeinen mit Abschätzungen an Hand von Näherungsformeln begnügen. Obwohl diese Unsymmetriekräfte viel kleiner sind als die oben genannten Radialkräfte, sind sie doch häufig viel gefährlicher, weil sie auf einen sehr viel kleineren Kupferquerschnitt einwirken und daher größere mechanische Spannungen erzeugen können; dabei ist es konstruktiv nicht möglich, diesen Querschnitt wesentlich zu vergrößern, sondern man muß zunächst die Unsymmetrie möglichst klein halten und weiterhin die verbleibenden Kräfte durch Abstützung der Wicklung aufnehmen.

Abb. 3. Festigkeitseigenschaften des Kupfers in Abhängigkeit von der Temperatur.

Zu den thermischen und mechanischen Beanspruchungen beim Kurzschluß im Netz kann unter Umständen eine elektrische Gefährdung treten, da die außerordentlichen Überströme das Eisen hoch übersättigen und hierdurch eine Überspannung der Wandlerwicklung erregen. Wenn die Isolation des Wandlers dieser Überspannung nicht gewachsen ist, kommt es zum Windungs- oder Wicklungsschluß; hierdurch kann der Sekundärstrom so stark sinken, daß etwa angeschlossene Relais nicht mehr ansprechen. Da dieser Zustand natürlich die Anlage in die schwerste Gefahr bringt, muß man durch entsprechende Bemessung der Isolation und der Überschlagswege vorbeugen; die meisten Konstruktionen dürften jedoch diese Bedingung erfüllen.

Nachdem die vorstehenden Überlegungen durch ausführliche Versuche bestätigt wurden, kann man die thermische und elektrodynamische Kurzschlußsicherheit eines jeden Stromwandlers vorausberechnen; damit sind die Grundlagen für die Bemessung solcher Wandler an den einzelnen Netzpunkten gegeben. (J. Grillet, Rev. Gén. de l'El. Bd. 26, S. 841.) *Oldff.*

[1] Die nachfolgenden Formeln sind in der Quelle mit zahlreichen Druckfehlern behaftet.

Beleuchtung.

Opalsoffittenlampen. — Soffittenlampen, charakterisiert durch ihre schlanke Röhrenform, wurden bisher hauptsächlich zur Beleuchtung von Schaufenstern, Schaukasten, Firmenschildern u. dgl. verwendet, also für solche Fälle, in denen für die Unterbringung der Lichtquellen wenig Raum zur Verfügung stand. Für Zwecke der Raumbeleuchtung (abgesehen von ganz indirekter Beleuchtung, wobei die Lichtquellen in einer Kehlung der Wand untergebracht werden) kamen sie weniger in Frage, weil sie bei der üblichen Ausführung des Kolbens aus Klarglas oder Mattglas zwecks Vermeidens der Blendung eine lichtstreuende Umhüllung erforderten, die bei der durch den langgestreckten Kolben bedingten Zylinderform für die Formgestaltung von Leuchtgeräten meistens zu schwerfällig war.

Deshalb bedeuten die neuen Osram-Opalsoffittenlampen (Abb. 4), bei denen der Kolben selbst aus lichtstreuendem Opalglas besteht, einen Fortschritt, denn diese Lampen können ohne besondere Umhüllung verwendet werden, ohne daß Blendung zu befürchten ist. Infolge ihrer schlanken Röhrenform eignen sie sich hervorragend zu Bauelementen für Leuchtgeräte neuzeitlichen Stils. Sie werden in zwei Ausführungen hergestellt. Die eine hat, wie die bisher üblichen Soffittenlampen, an beiden Enden eine Anschlußkappe (Abb. 4a). Die andere (Abb. 4b) trägt am unteren Ende einen normalen Edison-Sockel und kann so in jede normale Fassung eingeschraubt werden. Osram-Opalsoffittenlampen kommen besonders für Wandleuchten in Frage und für Kronen, bei deren Bau bereits auf die Form der Lampen Rücksicht genommen ist. Für beide Ausführungen geben die Abbildungen Anwendungsbeispiele.

a b

Abb. 4. Opalsoffittenlampen.

Die einseitig gesockelte Opalsoffittenlampe kann vielfach anstatt der früher viel benutzten Kerzenlampen verwendet werden, die aus einem Milchglas- oder Porzellanschaft mit aufgeschraubter Glühlampe bestanden und unschön wirkten. Nicht in allen Fällen wird allerdings die Opalsoffittenlampe einen Ersatz für Kerzenformlampen darstellen. Dort z. B., wo die Konstruktion von Wandleuchten und Kronen kleinere kerzenähnliche Lampen vorsieht, empfiehlt sich die Verwendung der neuen Osram-Kerzenlampe, die für eine Leistungsaufnahme von 15 bis 40 W hergestellt wird und in ihrer Form mehr als jede andere Lampe den Eindruck einer Kerzenbeleuchtung vermittelt. *fi*

Bergbau und Hütte.

Die Fahrdrahtlokomotivförderung in den deutsch-oberschlesischen Steinkohlengruben. — E. Siegmund berichtet im Glückauf über die Entwicklung der Förderung mit Fahrdrahtlokomotiven im deutsch-oberschlesischen Steinkohlenbergbau und schließt daran an eine kritische Beurteilung der Förderung hinsichtlich der Betriebsicherheit und Wirtschaftlichkeit. Der Stromverbrauch beträgt für 1 Nutz-tkm bei Lokomotiven mit schmiedeeisernem Rahmen rd. 130 ... 200, mit gußeisernem dagegen 200 bis 400 Wh. Während der jährliche Schmierölverbrauch für Ankergleitlager 450 kg beträgt, kommt man bei Kugellagern mit einem Fettverbrauch von rd. 4 kg aus. Als

Stromabnehmer wird der Bügelstromabnehmer mit 2 Doppelbügelkontakten als der zweckmäßigste empfohlen, der teurere Scherenstromabnehmer dort, wo es darauf ankommt, Unterschiede in der Fahrdrahthöhe bis zu 1 m auszugleichen. Mit der Schmierung des Fahrdrahtes sind gute Erfahrungen gemacht worden, und auch der Porzellanglockenisolator hat sich unter schwierigen Verhältnissen gut bewährt. Rohrleitungen, an welche man die Schienen in gewissen Abständen anzuschließen pflegt, sind nur als Beihilfe, nicht als Ersatz für die Schienenleitung anzusehen; die Schienenverbinder sind nicht über der Lasche, sondern unter der Lasche[1] zu verlegen, damit sie durch entgleiste Wagen nicht abgefahren werden können. Die vorteilhafteste Schienenverbindung werde allerdings durch Schweißen der Schienenstöße erzielt, wodurch die Schienenverbinder überflüssig werden. Die geeignetste Spannung des Gleichstrombetriebes sei 250 V am Umformer und 220 V als mittlere Streckenspannung, weil dabei noch die Mindesthöhe des Fahrdrahtes von 1,8 m über Schienenoberkante zulässig ist. Bei Einankerumformern ist die Wärmeentwicklung geringer als bei Motorgeneratoren, was der Entlüftung der Kammer zugute kommt. Um Förderausfälle infolge des zeitweiligen Versagens der Umformeranlage zu vermeiden, haben sich Aushilfsumformeranlagen gut bewährt. Quecksilberdampf-Gleichrichter verdienen für den Streckenförderbetrieb Beachtung wegen ihrer einfachen und leichten Wartung, des geringen Platzbedarfs, der Überlastbarkeit sowie des guten Wirkungsgrades. Auch dem selbsttätigen Bahnspeiser, der das Wiedereinschalten des Stromes in wenigen Sekunden vornimmt und daher die Betriebsunterbrechungen auf eine ganz kurze Zeit beschränkt, steht noch ein weites Anwendungsgebiet im Streckenförderungsbetrieb offen. Die Gesamtbetriebskosten für 1 Nutz-tkm in Höhe von 7,7 Pf verteilen sich folgendermaßen:

Strom	7,3 %
Löhne	46,1 „
Unterhaltung	10,6 „
Schmier- und Putzmittel	0,5 „
Tilgung und Verzinsung	35,5 „
zusammen	100,0 %

Bemerkenswert ist hierin die Höhe der Löhne und der Beträge für Abschreibung und Verzinsung. Zwecks Erhöhung der Wirtschaftlichkeit sei die Einführung einer Normung von hohem Wert, insbesondere haben die noch immer bestehenden verschiedenen Spurweiten keine durchgehende Normung beim Lokomotivbetrieb erlaubt. Der Einphasen-Wechselstrom-Oberleitungsbetrieb hat gegenüber dem Gleichstrom kaum Vorteile, aber u. a. den großen Nachteil, daß eine größere Berührungsgefahr besteht. (E. Siegmund, Glückauf Bd. 66, S. 1165.) *Ka.*

Elektrische Antriebe.

Ein neuer Küchenmotor. — Der elektromotorische Antrieb der Küchenmaschinen in Haushaltungen, in Pensionen und kleineren Gasthausbetrieben konnte sich bis heute nicht in dem sowohl für Hausfrauen als auch für Elektrizitätswerke wünschenswerten Umfang einführen, was wohl einzig und allein darauf zurückzuführen ist, daß bei den heute üblichen Arten von Küchenmotoren die schon vorhandenen zum Handantrieb eingerichteten Küchenmaschinen nicht verwendbar sind und deshalb durch neue Spezialmaschinen ersetzt werden müssen. Die dadurch bedingten hohen Anschaffungskosten stehen der Elektrisierung der Küchenarbeit hindernd im Wege. Vor kurzem aber brachte die Firma O. L. Palm, Stuttgart, einen Antriebsmotor auf den Markt, der das Problem in einfacher Weise löst.

Wie dieser Küchenmotor — sein Name ist Telos — arbeitet, das zeigen die Abb. 5 u. 6: Auf einem Halter, der am Tische festgeschraubt wird, sitzt, durch zwei Backen in jeder beliebigen Lage festklemmbar, der Motor, der über ein drehzahlverminderndes Schneckengetriebe die Welle der Küchenmaschine antreibt; bei dieser Maschine ist die Handkurbel entfernt und statt dessen das Spannfutter des Motors mit einigen Umdrehungen des beigegebenen Schlüssels festgeklemmt. Äußerst einfach ist bei diesem Küchenmotor die Frage gelöst, wie mit demselben Motor Küchenmaschinen sowohl mit horizontaler als auch mit vertikaler Achse angetrieben werden können. Abb. 5 und 6 lassen erkennen, wie dies erreicht wird: Der Motor wird entweder am horizontalen oder vertikalen Teil des Halters festgeklemmt.

[1] Vgl. ETZ 1930, S. 474.

Die Inbetriebnahme des Küchenmotors ist denkbar einfach: Mit 3 Handgriffen ist der Motor in „Bereitschaftstellung“ gebracht. Der erste Handgriff klemmt den Halter am Tisch fest, der zweite gibt dem Motor zur jeweils anzutreibenden Küchenmaschine die richtige Lage und schraubt ihn so am Halter fest, der dritte endlich zieht die Schraube des Spannfutters an; jetzt braucht nur noch der Stecker eingeführt und der Kippschalter, der am Motor selbst sitzt, betätigt zu werden, worauf die Arbeit beginnen kann. Die Außerbetriebnahme geschieht ebenfalls sehr einfach.

Abb. 5. Antrieb einer Messerputzmaschine (horizontaler Antrieb).

Abb. 6. Antrieb einer Rührschüssel (vertikaler Antrieb).

Die Betriebskosten des Motors, der eine Leistung von 200 W besitzt, sind entsprechend gering, da er in einer vollen Stunde nur 0,2 kWh verbraucht. Der Anschaffungspreis — etwa der eines guten Staubsaugers — ist so gehalten, daß auch der Durchschnittshaushalt in der Lage ist, sich den neuen Motor anzuschaffen.

Dipl.-Ing. Höchtl.

Hochspannungstechnik.

Überschlagcharakteristiken von Isolieranordnungen. — C. L. Fortescue gibt eine gedrängte Übersicht über die Ergebnisse von Versuchen, die bei der Westinghouse El. & Mfg. Co. über das Verhalten verschiedener Isolieranordnungen, insbesondere von Kugel- und Spitzenfunkenstrecken, Kettenisolatoren (mit und ohne Schutzarmaturen), Säulenisolatoren, Holzkonstruktionen und Funkenstrecken unter Öl bei Beanspruchung mit Stoßwellen verschiedener Spannungshöhe und verschiedener Einwirkungsdauer (d. h. verschiedener Form des Rückens der Spannungswelle) erhalten wurden. — Ausgehend von der durch Slepian entwickelten Theorie über die in Luft erfolgenden Entladungsvorgänge[1] und deren experimentelle Untersuchung, wobei ein völliger Überschlag mit Hilfe einer

[1] Slepian, ETZ 1928, S. 1162.

parallel geschalteten Kugelfunkenstrecke unterdrückt wurde[1], wird gezeigt, daß die Ausbildung der dem Überschlag vorausgehenden Streifenentladungen eine Funktion der Höhe der Spannung oberhalb des Scheitelwertes der Überschlagsspannung bei Betriebsfrequenz ist. Maßgebend für die Beurteilung einer Isolieranordnung ist nun die Kenntnis ihres Verhaltens gegenüber Stoßwellen verschiedener Spannungshöhe in Berücksichtigung des dabei auftretenden Zeitverzuges. Als solcher wird von Fortescue die Zeit in Mikrosekunden von dem Augenblicke, an dem die Stirn der Stoßwelle den Scheitelwert der 60 Hz-Überschlagspannung überschreitet, bis zu dem Zeitpunkt bezeichnet, bei dem auf dem abfallenden Rücken der Stoßwelle der Überschlag erfolgt. Der Zeitverzug ist dabei um so kürzer, je höher der Scheitelwert der Stoßwelle ist. Das Verhältnis dieses Scheitelwertes zu demjenigen der 60 Hz-Überschlagspannung ist das Stoßverhältnis, das natürlich einen ganz entsprechenden Verlauf in Abhängigkeit vom Zeitverzug hat.

Experimentell wurde der Verlauf der Spannungs-Zeitverzugs-Kurven, d. h. der Überschlagcharakteristik, so ermittelt, daß nacheinander Stoßwellen verschiedener Spannungshöhe (über dem 60 Hz-Überschlagscheitelwert) auf die betreffende Isolieranordnung gegeben und mittels Kathodenstrahl-Oszillographen der Eintritt des Überschlags und damit des Zeitverzugs ermittelt und daraus das Stoßverhältnis berechnet wurde. Dieses wurde für alle Anordnungen zwischen Werten über 1 und 2,5 gefunden. Aus den im Aufsatz wiedergegebenen Spannungs-Zeitverzugs-Kurven seien einige besonders hervorgehoben. An Kettenisolatoren wurde festgestellt, daß der Verlauf der Spannungs-Zeitverzugs-Kurve und damit das Stoßverhältnis praktisch unabhängig von der Gliedzahl ist, dagegen etwas verschieden ist nach dem Vorhandensein und der Art der verwendeten Schutzarmaturen. Dabei haben Lichtbogen-Schutzringe aus Flacheisen einen größeren Zeitverzug für eine gegebene Stoßspannung als solche aus Rundeisen, so daß bei kurzen Stoßwellen eine Kette mit Schutz r o h r armaturen früher überschlagen wird, während bei langen Stoßwellen kein Unterschied bezüglich der Art der Schutzarmaturen besteht. Bei Säulenisolatoren wurde eine ziemliche Überlegenheit in bezug auf die Höhe der Überschlagspannung für Säulen aus 7 Isolatorengliedern ohne Schutzarmaturen gegenüber Säulen aus 6 Gliedern mit Schutzarmaturen festgestellt. Spitzen- und Nadelfunkenstrecken zeigten in Luft den bekannten Verlauf einer starken Spannungserhöhung (bei größeren Schlagweiten) bei einem Zeitverzug von nur wenigen Mikrosekunden, während die Spannungswerte für 10 ... 20 µs nur noch wenig über den 60 Hz-Überschlagwerten lagen. Bedeutend größer ist der Unterschied (also sehr hohes Stoßverhältnis!) bei Funkenstrecken oder Isolatoren unter Öl. Holzkonstruktionen ließen, wenigstens für größere Zeitverzüge, nur wenig eindeutige Verhältnisse erkennen, was vielleicht auf die elektrische Instabilität des Materials zurückzuführen ist.

Erwähnt sei endlich noch die Möglichkeit, daß bei besonders hohen Gewitterüberspannungen der Überschlag schon auf dem ansteigenden Ast der Stoßwelle, also vor Erreichen des Scheitelwertes eintreten kann. Das Stoßverhältnis hängt dann ganz von der Steilheit des Spannungsanstiegs ab. Indessen ist dieser Fall praktisch nur von geringerer Bedeutung, da er kaum in Anlagen mit Blitzschutzeinrichtungen vorkommt oder wenigstens ziemlich selten ist. Dagegen hat die Kenntnis der Spannungs-Zeitverzugs-Kurven, die sich auf die praktisch am häufigsten vorkommenden und zugleich die meisten Betriebstörungen bedingenden Überspannungs-Stoßwellen beziehen, für die Beurteilung und Bewährung der Isolation von Freileitungen, Unterwerken, Schutzeinrichtungen usw. außerordentliche Bedeutung. (C. L. F o r t e s c u e, The Electric Journ. Bd. 27, S. 219.) *W. W.*

Allgemeiner Maschinenbau.

Die Flugasche und ihre Abscheidung in neuzeitlichen Feuerungsbetrieben. — Über die wichtigsten Flugaschenabscheider, die z. Z. im Gebrauch sind, berichtet E. H e i t m a n n im „Glückauf". Die Erscheinungsformen der Flugasche sind je nach der Art des Brennstoffes und der Feuerung verschieden. Bei Kohlenstaubfeuerungen entsteht meistens ein sehr feiner, gut ausgebrannter Flugstaub, bei Rostfeuerungen dagegen ist die Flugasche ziemlich grobkörnig und schlecht ausgebrannt. Durch Überschreitung des Schlackenschmelzpunktes kann man in Staubfeuerungen erreichen, daß sich die kleinsten Teilchen zu größeren Gebilden zusammenballen, so daß deren Abscheidung leichter wird. Insofern wären also Feuerungen mit flüssigem Schlackenabstich vorteilhaft. Gelingt es nicht, durch geeignete Feuerführung den Flugaschenauswurf einzuschränken, so muß man besondere Abscheider hinter der Kesselanlage einbauen. Man unterscheidet Trockenabscheider, die die Massenträgheit und Schwerkraft ausnutzen, Naßabscheider, die die Staubteilchen durch Benetzung in ihrem Gewicht vergrößern, und elektrische Abscheider, die die Anziehungskraft zwischen positiven und negativen Ladungen ausnutzen.

Der einfachste T r o c k e n a b s c h e i d e r ist der Zyklon, den die Gase durchströmen, während sie selbst eine Drehbewegung ausführen. Die Staubteilchen werden dabei nach außen geschleudert, und die gereinigten Gase ziehen in der Mitte ab. Die Wirksamkeit eines solchen Zyklons wird nach den Konstruktionen der Firma Louis Prat in Paris noch durch Einbau von Gaslenkwänden verstärkt. Um der Abnahme der Zentrifugalkraft bei Schwachlast zu begegnen, hat man eine Unterteilung in mehrere abschaltbare Einzelzyklone vorgesehen. Bei dem englischen Davidson-Abscheider wird die an der Wand des Zyklons entstehende Staubschicht durch ein Schälmesser entfernt. Die Asche wird sodann in einem zweiten Zyklon ausgeschieden. Andere Trockenabscheider nutzen die Fliehkraft aus, die dem Gas im Ventilator mitgeteilt wird, indem sie an der Außenwand des Ventilatorkrümmers kleine Schlitze versehen, durch die der staubhaltige Teil der Gase abgeleitet und einem Zyklon zugeführt wird. Eine solche Konstruktion stammt von der Firma Prat-Daniel, Paris. Heitmann schätzt die Wirksamkeit der Trockenabscheider so ein, daß sie bei Staubfeuerungen etwa 70 % und bei Rostfeuerungen etwa 90 % des Staubes entfernen können.

Das Benetzen der Staubteilchen bei der N a ß - a b s c h e i d u n g ist schwierig, weil die Oberflächenspannung der Tropfen überwunden werden muß. Es ist daher theoretisch richtig, zunächst das Gas selbst mit Wasserdampf zu sättigen und erst dann weitere Feuchtigkeit zum Benetzen der Staubkörner zuzuführen. Diese Erhöhung der Feuchtigkeit geschieht zweckmäßig durch Abkühlung der Gase unter den Taupunkt, hierdurch bilden sich um die Staubteilchen herum feine Wasserhäutchen, die sich allmählich vergrößern. Die Abkühlung erfolgt zweckmäßig durch weitere Zufuhr von kaltem Wasser. Schließlich folgt das Ausschlämmen des Staubes. Die Befeuchtung erfolgt in England vielfach durch Brausen, die in Fuchs und Schornstein eingebaut werden, in Frankreich und Belgien bevorzugt man den Abscheider von H a n r e z, der aus einer Reihe von senkrechten, mit Wasser bespülten Profilsäulen besteht. In Deutschland hat man auf der Zeche Mont-Cenis einen Versuch mit einem kaskadenförmigen Berieselungseinbau gemacht. Die Naßabscheider sind zwar wirkungsvoller als die Trockenabscheider, sie haben aber den Nachteil, daß durch die Feuchtigkeit der vielfach schwefelhaltigen Gase Korrosionen entstehen können; hinter dem Abscheider liegende Eisenteile müssen daher z. B. durch Verbleien geschützt werden.

Die e l e k t r i s c h e n A b s c h e i d e r arbeiten mit Gleichstrom von 40 000 ... 80 000 V. Sie erzielen eine gute Abscheidung, wenn man die Gasgeschwindigkeit niedrig hält, sie erfordern daher große Abmessungen und hohe Kosten. Günstige Ergebnisse wurden in den Leunawerken und im Großkraftwerk Klingenberg erzielt.

Heitmann gibt zum Schluß noch einige wichtige Zahlen an. Die elektrische Entstaubung kostet etwa 1,0 ... 1,3 RM für 1 m³ stündliche Gasmenge, dagegen sind die Betriebskosten äußerst niedrig. Trockenabscheider mittlerer Größe kosten etwa ½ ... ⅓ dieses Preises. Die Betriebskosten sind hier aber höher. Bei Wanderrostanlagen ist der Kraftverbrauch der Entstaubung etwa ½ %, bei Staubfeuerungen etwa 1 % der Nutzleistung. Die Naßentstaubung ist im Kraftbedarf und Kapitalaufwand am günstigsten, wenn man die englische Brausenkonstruktion wählt. Die Verteuerung der Nutzleistung durch die Entstaubung liegt im allgemeinen zwischen 1 und 5 %. (E. H e i t m a n n, Glückauf Bd. 66, S. 47.) *B.*

Verschiedenes.

70. Hauptversammlung des VDI in Köln. — Die Tagung war gleichzeitig eine Jubiläumstagung, da der Verein in diesem Jahre auf sein 75jähriges Bestehen zurückblickt. Eine schlichte Gründungsfeier hatte bereits am 12. V., dem Gründungstage, in Alexisbad mit der Enthüllung eines Denkmals zur Erinnerung an die 23 jugendlichen Gründer des Vereins stattgefunden.

Der Vorsitzende des Vereins, Dr.-Ing. E. h. K ö t t g e n, legte seiner Ansprache vor den im altehrwürdigen Gürzenichsaal versammelten Teilnehmern an der Tagung die Richtlinien der Gründer des Vereins zugrunde: Liebe zum großen deutschen Vaterland, begeisterte Hingabe an den Beruf, Glauben an die eigene Kraft, und eindrucksvoll

[1] T o r o k, ETZ 1928, S. 1087.

bekannten sich die Versammelten erneut zu diesen Grundsätzen für die weiteren Arbeiten des Vereins. Reichspräsident von Hindenburg sandte auf das an ihn gerichtete Telegramm Glückwünsche für künftige erfolgreiche Arbeit im Dienste der deutschen Technik und der deutschen Wirtschaft. Etwa 1500 deutsche Ingenieure beteiligten sich an der Tagung, aus dem Auslande Vertreter aus 18 Ländern, die die Glückwünsche der Fachgenossen in Worten und Adressen überbrachten. Ebenso beglückwünschten den Verein zahlreiche Vertreter der Behörden, Hochschulen, Industrie. Den Vortrag hielt Rektor Prof. Dr. Konen, Bonn, über „Strahlungsprobleme", wobei er insbesondere an die Strahlung als Energiefluß anknüpfte und als Beispiel die Sonnenstrahlen wählte. Das Problem des plötzlichen Abbruchs der Sonnenstrahlen im Ultraviolett und Fragen der Beleuchtungstechnik, der Herstellung von Gläsern, Fenstermaterialien und auf Lichtquellen, die an ultravioletten Strahlen besonderer Wirkung reich sind, wurden u. a. berührt. Redner schloß mit der Wellenmechanik, der neuesten Entwicklung der Strahlungslehre. Sodann wurden die Herren H. Claaßen, R. Doerfel, J. Görges und G. de Thierry zu Ehrenmitgliedern ernannt, und 9 Mitglieder erhielten das aus Anlaß des 75jährigen Bestehens des VDI neugeschaffene silberne Ehrenzeichen, das auf der Vorderseite die Figur des in Alexisbad errichteten Denkmals trägt.

Mit der Tagung waren wie üblich eine Anzahl Fachsitzungen verbunden. Im „Braunkohlenbergbau" sprach Dr. Schreiber über „Braunkohlenbergwerke als Glieder der Elektrizitätswirtschaft". Er ging aus von der Notwendigkeit eines planmäßigen Zusammenschlusses der deutschen Elektrizitätserzeugung zu großen, einheitlich geleiteten Versorgungsgebieten und von der Erwägung, welche Rolle hierbei die Braunkohle in der Zukunft spielen wird. Das Braunkohlen-Großkraftwerk in unmittelbarer Nachbarschaft der Braunkohlengrube dürfte als abgeschlossen zu betrachten sein. Im Augenblick stehe die Erzeugung von Elektrizität als Abfallprodukt der Brikettfabriken als besonders bemerkenswertes Problem im Vordergrund, das zur „Brikettfabrikzentrale" führt. Hierzu müßten die Anfangsdampfdrücke auf etwa 40 at, 475 ° erhöht werden, bei dem man noch ohne Zwischenüberhitzung auskommt, und der für die Brikettfabrik die wirtschaftlichste Grenze ist. Dies führe bereits zu sehr großen Strom-Überschußleistungen, 2876,8 Mill kWh in Deutschland. Zu lösen bleibe die Frage des Stromabsatzes. Eine Eingliederung der „Brikettfabrikzentralen" in die öffentliche Elektrizitätswirtschaft sei erforderlich. Ermöglicht werde dies durch planwirtschaftlichen Zusammenschluß größerer Versorgungsgebiete unter einer zentralen Schlüsselgewalt, wie er besonders erfolgversprechend von der AG. für deutsche Elektrizitätswirtschaft, Berlin, sowie von der Westdeutschen Elektrizitätswirtschaft AG. Frankfurt a. M. in möglichst weitem Umfange zur Verwirklichung gelangt, und durch die Schaffung von hinreichend leistungsfähigen Pumpspeicherwerken. In dieser Elektroplanwirtschaft fielen den verschiedenen Stromerzeugungsstätten bestimmte Aufgaben zu ihrer besten und ihrer Eigenart angepaßten Ausnutzung zu, wobei die Pumspeicherwerke die elastischen Zwischenglieder seien. Das ganze Problem werde dann zu praktischer Bedeutung gelangen, wenn sich ein Bedürfnis nach neuen Stromquellen bemerkbar macht.

In der Fachsitzung „Metallkunde" standen die Leichtmetalle im Verkehrswesen zur Erörterung. Das Leichtmetall in der Form von Duralumin, Lautal, Elektron habe auch im Eisenbahn- und Straßenbahnwagenbau erhebliche Fortschritte gemacht. Zur vollen Ausnutzung der für den Betrieb wertvollen Gewichtserleichterung durch Leichtmetalle beim Bau der Fahrzeuge sei aber volle Freizügigkeit in den Konstruktionen erforderlich. Um nicht unnötig hohe Wartungskosten für die Fahrzeuge aufwenden zu müssen, sei den technischen Eigenarten dieser Baustoffe bei der Konstruktion und in der Herstellung sorgfältigst Rechnung zu tragen. Falsche Anstriche — am besten gar keiner —, unsachgemäße Verbindung der Leichtstoffe mit anderen Metallen wie Eisen, Messing usw., bleibende Feuchtigkeit in Verbindungen könnten zu baldiger Korrodierung und Lochfraß führen. Zur bisherigen Verwendung der Leichtbaustoffe für Verkleidungen der Wagenaufbauten seien die zu tragenden Teile wie Drehgestelltraversen, Radscheiben usw. getreten. In Amerika, wo die Leichtmetallwagen bereits serienweise hergestellt würden, seien Gewichtsverminderungen der Straßenbahnwagen von 35 ... 42 % erzielt worden. Ein Nachteil der Leichtmetalle sei ihr hoher Preis. Immerhin seien infolge des geringen Gewichts der Wagen die Ersparnisse an Strom, in der Unterhaltung von Wagen und Oberbau usw. bis zu 1000 RM je Wagen im Jahr ermittelt worden, so daß die Mehrkosten der Wagen in 3 ... 4 Jahren abgeschrieben und für die Ersparnisse in weiteren Jahren 0,5 ... 2 Wagen beschafft werden könnten. Bei den Radscheiben aus Elektron für Straßenbahnwagenräder entstehe infolge des hohen Altmaterialwertes bei Beschaffung einer zweiten Scheibe für die ausgebaute kein Mehrpreis einer stählernen Scheibe gegenüber. Neuerdings würden für Wagenaufbauten statt der Verkleidungen aus Reinaluminium plattierte und fournierte Leichtmetallbleche verwendet. Das Al-Blech könne hier schwächer sein. Gegen das Werfen der Bleche wende man die Doppelpunktschweißung an. Die Bleche würden mit der Naht übereinandergelegt, und die Elektrode besteht aus zwei nebeneinander liegenden Kohlenstiften. Der Strom gehe von dem einen zum anderen Stift, wobei das eigenartig sei, daß er auch das untere Blech durchziehe. Ein neuer Werkstoff für die Elektrotechnik sei das „Eloxal" (Elektrisch oxydiertes Aluminium). Die nach einem besonderen Verfahren der VAW-Lautawerk auf Gegenständen aus Aluminium oder Al-Legierungen aufgebrachten Oxydschichten stellten eine neue durch besondere Eigenschaften ausgezeichnete Isolation für elektrotechnische Zwecke dar. Die „Eloxal"-Schichten haften unlösbar, seien von korundähnlicher Härte und gegen Stoß sehr widerstandsfähig. Ferner wiesen sie eine praktisch unbegrenzte Temperaturbeständigkeit auf. Drähte und Bänder mit Eloxal-Schichten bis zu 0,5 mm Stärke hätten eine Durchschlagsfestigkeit bis zu 10 000 V. Im Eisenbahnwesen fange die Verwendung von Elektron erst an, da die Beschaffungskosten noch zu hoch seien. In der Erprobung seien Langsam-Fahrscheiben, Schlußkupplungen, Dräsinen aus Elektron, wo die Gewichtsverminderung zu Lohnersparnissen führt. Ein beachtlicher Wettbewerb dürfte den Leichtmetallen im Fahrzeugbau durch die hochwertigen Stähle St 48 und 52 erwachsen, die in der Verwendung geschweißter Kastenträger sehr leichte Konstruktionen ermöglichen.

Auf der Fachsitzung „Verkehrswesen" stand die Steigerung der Reisegeschwindigkeit bei den Fahrzeugen zu Lande, zu Wasser und in der Luft zur Erörterung. Prof. Dr. Nordmann behandelte die Maßnahmen zur Erhöhung der Reisegeschwindigkeit im Eisenbahnverkehr ohne und mit Erhöhung der Höchstgeschwindigkeit, bei der man in Hinblick auf die Einhaltung der Wirtschaftlichkeit über 150 km/h nicht hinausgehen dürfte. Im ersten Fall seien neben zweckmäßigen Änderungen in der Linienführung die Hauptmöglichkeiten zur Steigerung der Reisegeschwindigkeit eine Verbesserung der Anfahrbeschleunigung, zumal bei häufig haltenden Personen- und Stadtbahnzügen, und die der Geschwindigkeit auf Steigungen. In beiden Fällen seien stärkere Lokomotiven erforderlich, wie sie schon in den Einheitslokomotiven geschaffen seien; im Nahverkehr sei der Triebwagen das Gegebene. Dann sei auch die Zuglänge einem mittleren Verkehr anzupassen, und Wagen mit geringer Totlast zur Nutzlast seien zu verwenden, was auf die größere Verwendung von Leichtmetall und hochwertigen Stählen im Wagenbau hinweist. Unter Ausnutzung der durch die Eisenbahn-Bau- und -Betriebsordnung zugelassenen Höchstgeschwindigkeit von 120 km/h ließe sich wohl mit den heutigen Schnellzuglokomotiven eine Reisegeschwindigkeit von etwa 100 km/h gegen jetzt 85 ... 90 km/h erzielen, was für Züge Berlin—Hamburg, Berlin—Köln immerhin schon einen beachtlichen Zeitgewinn bringt. Eine Erhöhung der Höchstgeschwindigkeit auf 150 km/h mache einen Umbau der Signale erforderlich. Wieweit Lokomotivzüge durch Triebwagen auch im Schnellzugverkehr zu ersetzen seien, werde z. Z. untersucht.

Auf der Fachsitzung „Verbrennungsmotoren" trat die eingehende Weiterarbeit am Dieselmotor zum schnellaufenden Fahrzeugmotor in Erscheinung. Eingehende Vergleichsuntersuchungen im Betriebe zwischen Vergaser- und Dieselmotoren haben ergeben, daß infolge der genauen Brennstoffzumessung durch die hochvervollkommnete Brennstoffpumpe der Dieselmotor bereits das volle Drehmoment entwickelt bei niedrigeren Drehzahlen als der Vergasermotor, so daß er hier und demnach auch in Hinblick auf den ganzen Drehzahlbereich dem Vergasermotor fahrtechnisch überlegen ist. In Verbindung mit seiner bekannten thermodynamischen Überlegenheit dürfte es demnach wahrscheinlich sein, daß sich der Dieselmotor zum Einheits-Kraftfahrzeugmotor für beliebige Brennstoffe entwickelt. Eine Reihe neuer Dieselmotor-Konstruktionen wurde erörtert, denen allen die Beigabe eines Luftspeichers zum Hauptverbrennungsraum eigen ist, um durch gute Luft-Brennstoff-Vermischung die Zündung zu beschleunigen und die Verbrennung mit geringstem Luftüberschuß zu erlangen.

Die Fachsitzung „Schweißtechnik" brachte die wissenschaftlichen Erkenntnisse zur Spannungsverteilung an Schweißverbindungen im Dampfkesselbau, da sich auch hier bei den immer größeren Dampfdrücken und Tempera-

turen und der damit verbundenen Steigerung der Wanddicken die Einführung der Schweißung erforderlich macht. Sehr interessant war die spannungs-optische Methode von Dr. Mesner und Prof. Prandtl zur Sichtbarmachung der Spannungsverteilung in Schweißverbindungen mit Höhnschen Laschen. Eine „Schau geschweißter Werkstücke", die von allen namhaften Firmen beschickt war, ließ den hochentwickelten Stand der Schweißtechnik und ihren Eingang in die verschiedensten Wirtschaftszweige erkennen.

Die Fachsitzung „Turbomaschinen" war gekennzeichnet durch die neuzeitliche Zusammenfassung der Vorgänge in Dampfturbinen, Wasserturbinen und Pumpen allgemein zu Strömungsvorgängen, was schlechtweg zu „Strömungsmaschinen" führt, bei denen Dampf, Wasser, Gase usw. nur die die Maschinen unterscheidenden Kraftmedien sind. Die Anwendung der heutigen Strömungswissenschaft hat zu den Schnelläufern bei den Wasser-Strömungsmaschinen, zu der Ljungström-Turbine mit allen ihren Vorzügen unter den Dampfturbinen geführt. Die Fachsitzung „Feuerungstechnik" brachte in einem Vortrage von Prof. Rosin neue Erkenntnisse zur Physik der Verbrennung und zu der Aerodynamik der Feuerungen. Dipl.-Ing. Schulte teilte in seinen Ausführungen über „Elastizität der Steinkohlen-Rostfeuerungen" mit, daß die neueren Steinkohlenfeuerungen ein über die ursprünglichen Vermutungen weit hinausgehendes Anpassungsvermögen an erhöhte Leistungsanforderungen besitzen. Für die neuzeitlichen Kesselbauarten sei dies besonders wichtig, da sie mit ihrem geringen Wasserinhalt nur in geringem Maße etwaige Lastschwankungen selbst aufnehmen können und bisher zusätzliche Speicheranlagen erforderten. Die Fachsitzung „Anstrichtechnik" brachte Fortschritte in der Gefahrenbekämpfung bei Anstricharbeiten für die Gesundheit des Arbeiters wie gegen Feuersgefahr, wobei insbesondere auf die Erscheinungen beim Farbspritzverfahren und bestimmte Forderungen für die bauliche Einrichtung der Werkstätten und die persönliche Ausrüstung der Arbeiter eingegangen wurde.

An letzten Fachsitzungen sind noch zu erwähnen: Ingenieurfortbildung, Vertriebstechnik, Geschichte der Technik.

In die Tagung waren gesellige Zusammenkünfte, wie ein Begrüßungsabend und ein gemeinsames Essen auf der Rheinterrasse eingeflochten. Besichtigungen industrieller Werke im Rheinland beschlossen die bedeutsame Hauptversammlung. Przygode.

Ferienkurse an der Bergakademie Clausthal. — Im neuen Institut für Maschinenkunde und Elektrotechnik der Bergakademie Clausthal (Harz) finden unter Leitung von Prof. Süchting wie im Vorjahre so auch 1931 wieder zwei praktische Ferienkurse zwecks Auffrischung oder Nachholung der Fertigkeit im Bedienen und Untersuchen von wichtigen Maschinen und Apparaten statt, u. zw. vom 17. VIII. bis 22. VIII. für maschinentechnische Übungen, vom 12. X. bis 17. X. für elektrotechnische Übungen. Anfragen sind an das Metallographische Institut der Bergakademie Clausthal (Harz), Clausthal-Zellerfeld I, zu richten.

Jahresversammlungen, Kongresse, Ausstellungen.

Hauptversammlung des Internationalen Bibliographischen Instituts in Brüssel. — Die diesjährige Tagung des Internationalen Bibliographischen Instituts beginnt am Dienstag, dem 25. VIII., 14 h, im Haag. Ehrenvorsitzender ist Senator Dr. Wibaut, Präsident des Internationalen Städteverbandes, Vorsitzender Dr. A. Prins, Präsident des holländischen Patentamtes. Die Berichte erstrecken sich in erster Reihe auf die Anwendung der Dezimalklassifikation, die bekanntlich vom Internationalen Bibliographischen Institut herausgegeben worden ist, Organisation des Literaturnachweises, Normung der Formate und Vordrucke, Vereinheitlichung der Gemeinderegistraturen und photographische Verfahren im Literaturnachweis. Von den über 30 Vorträgen werden acht von Vertretern Deutschlands erstattet. Wie vor drei Jahren in Köln, wird auch dieses Jahr eine Sitzung des Ausschusses für Archivordnung des Internationalen Städteverbandes während der Tagung stattfinden. Für Besucher, welche die Sammlungen des Internationalen Bibliographischen Instituts kennenlernen möchten, wird am Montag, dem 24. VIII., eine Führung in Brüssel veranstaltet. Außerdem werden im Haag Bibliotheken und Literaturnachweisstellen (Friedenspalast, Königliche Bibliothek, Patentamt u. a.) besucht. — Genaue Programme sind durch den Deutschen Normenausschuß, Berlin NW 7, Dorotheenstr. 47, zu erhalten. *of*

Internationaler Kongreß für Materialprüfung in Zürich. — Vom 6. bis 12. IX. 1931 findet in Zürich ein Internationaler Kongreß für Materialprüfung statt. Es werden behandelt: Die Metalle, die nichtmetallischen anorganischen Stoffe, die organischen Stoffe sowie Fragen allgemeiner Bedeutung. Nähere Auskunft und Vermittlung von Teilnehmerkarten durch den Deutschen Verband für die Materialprüfungen der Technik, Berlin NW 7, Ingenieurhaus. *of*

Energiewirtschaft.

Aus der deutschen Elektrizitätswirtschaft[1]. — Infolge der schweren wirtschaftlichen Depression ist die nutzbare Stromabgabe der Berliner Städtischen Elektrizitätswerke AG. (Bewag) 1930 zum erstenmal seit Bestehen des Unternehmens mit 1,291 Mrd kWh hinter der des Vorjahres (1,324 Mrd kWh) zurückgeblieben, u. zw. um rd. 2,5 %. Die Hochspannungslieferung hat sich um rd. 3,6 % und der Niederspannungsverbrauch trotz fortgeschrittener Anschlußbewegung um rd. 4,6 % verringert, wobei die Erhöhung der Arbeitsgebühr von 16 auf 20 Pf/kWh nach Tarif I und von 40 auf 50 Pf nach Tarif II wesentlichen Einfluß ausübte. Die durch den Zuschlag erzielte Mehreinnahme erhielt die Stadt Berlin als Sonderabgabe in Höhe von rd. 14,162 Mill RM. Einen gewissen Ausgleich für diesen Rückgang des Stromabsatzes brachte die Lieferung an die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft und die Berliner Verkehrs-AG., die gegen das Vorjahr um fast 3 % gestiegen ist. Die Bewag hat in ihren eigenen Kraftwerken 1056,431 Mill kWh erzeugt, d. s. 5,52 % weniger als 1929 (1118,167 Mill kWh) und von den Elektrowerken 414,273 (399,109 i. V.) sowie vom MEW 26,757 Mill kWh (30,225 i. V.) bezogen, so daß sich insgesamt für Produktion und Bezug 1497,461 Mill kWh ergeben, also 3,23 % weniger als im Vorjahr (1547,501 i. V.); hieran war das Großkraftwerk Klingenberg mit 54,56 % (51,67 i. V.) beteiligt. Nach Abzug von 89,998 Mill kWh (95,532 i. V.) Selbstverbrauch betrug somit die Abgabe in das Leitungsnetz 1407,463 Mill kWh (1451,969 i. V.) und bei einem Verlust von 116,820 Mill kWh oder 8,3 % (127,963 bzw. 8,81 % i. V.), der Verkauf 1290,643 Mill kWh (1324,006 i. V.). Der Anteil des Fremdstroms an der Gesamtlieferung in das Netz ist infolge vertraglicher Bindungen über die Jahresabnahme von den Elektrowerken auf 29,45 % gestiegen (27,74 i. V.). Die günstigere Verlustziffer wird im wesentlichen auf die verstärkte Abgabe von 30 kV-Strom für die Berliner Stadt-, Ring- und Vorortbahnen sowie an die Elektricitätswerk Südwest AG. zurückgeführt. Die Anschlußbewegung gestaltete sich günstig, insofern der Anschlußwert am Jahresende folgende Beträge aufwies:

	1930		1929	Zunahme %
Zählermeßbereich der Niederspannungsabnehmer	599 407	kW	586 317	2,23
Vertragsleistung der Hochspannungsabnehmer	408 048	kVA	395 896	3,07
Anschlußwert der öffentlichen Beleuchtung	2 576	kW	2 529	1,86

Die Zahl der eingebauten Zähler ist um rd. 12 % von 849 044 auf 949 620, die der Hochspannungsmeßaggregate um rd. 4,8 % von 1027 auf 1076 und die Anzahl der Hausanschlüsse sowie Hochspannungsübergabestationen um rd. 5,87 % von 88 368 auf 93 554 angewachsen. Die durch Eigenerzeugung, Strombezug von den Elektrowerken und Sammlerbatterien gedeckte Jahreshöchstleistung betrug 463 200 kW (477 700 i. V.); die Belastungspitze ist demnach um rd. 3 % gesunken. Aus den dem Bericht wieder beigegebenen Zahlentafeln und Schaubildern ersieht man, daß die Bewag Ende 1930 über 175 Dampfkessel von zusammen 103 685 m² Heizfläche und 738 640 kW Höchstleistung, ferner über 48 Turbogeneratoren mit insgesamt 713 550 kW maximal ausnutzbarer Leistung verfügen konnte, die einschl. des Speicherwerks Charlottenburg (zwei Turbogeneratoren) 763 550 kW ausmachte. Die gesamte Primärleistung einschl. des Fernstrombezugs von den Elektrowerken erreichte 767 550 kW (764 550 i. V.), ihre Benutzungsdauer betrug 1916,10 h (1989,59 i. V.); als Ausnutzungsfaktor ergeben sich 21,87 % (22,71 i. V.). Nach der Arbeitsbilanz, in der der Gesamtwirkungsgrad mit 86,19 % genannt ist (85,56 i. V.), entfielen von der Arbeitsabgabe auf die Hochspannungsabnehmer 56,36 % (55,22 i. V.), auf niedergespannten Drehstrom 13,02 % (12,28 i. V.), auf niedergespannten Gleichstrom 16,80 % (17,96 i. V.) und auf Eigenverbrauch, Verluste usw. 13,82 % (14,54 i. V.). Der Wärmeaufwand je selbst erzeugte am Kabelendverschluß der Kraftwerke nutzbare Kilowattstunde ist im Jahresmittel von 4868 auf 4704 kcal/kWh, der Heizwert der Kohle von 6489 auf 6430 kcal/kg Kohle gefallen. Das Mietgeschäft für Heißwasserspeicher, von denen Apparate mit 801 bevorzugt wurden, hat bei der Kundschaft reges Interesse gefunden. Das Elektrissima-Teilzahlungsystem war erfolgreich und verzeichnete rd.

[1] Vgl. ETZ 1931, S. 850.

134 000 Kreditgesuche (rd. 172 000 i. V.). Die Arbeitsgemeinschaft der Elektro-Verbände E. V. konnte wesentlich zur Säuberung des Berliner Marktes von unvorschriftsmäßigen Waren beitragen. Als Gegenleistung für einen von der Stadt Berlin bei den Elektrowerken aufgenommenen Kredit von 25 Mill RM wurde der Stromlieferungsvertrag mit letztgenannter Gesellschaft dahin erweitert, daß er nunmehr erstmalig Ende März 1948 kündbar ist. Sodann hat sich die Bewag verpflichtet, den nach Fertigstellung des Westwerks neu auftretenden Leistungsbedarf bis zu 50 000 kW durch Steigerung des Bezugs von den Elektrowerken zu decken; die Erhöhung der ganzjährigen Leistung von 60 000 auf 110 000 kW tritt jedoch spätestens am 1. X. 1935 ein. Der Vertrag enthält ferner neue Vereinbarungen über die Mindeststromabnahme von 1935 an sowie Abmachungen über eine Steigerung der bei den Elektrowerken zu entnehmenden zusätzlichen Spitzenleistung. Das Kraftwerk West, dessen erster Bauabschnitt drei Hauptmaschinen von je 34 000 kW und zwei Hausmaschinen von je 12 000 kW sowie vier Kessel für je 150 t/h umfaßt, hat die Erwartungen in bezug auf Wirtschaftlichkeit und Betriebsicherheit bisher erfüllt. Aus den weiteren Einzelheiten über die Ausgestaltung der von der Berichterstatterin gepachteten Betriebsanlagen geht hervor, daß im Anschluß an die 100 kV-Anlage des Kraftwerks Moabit ein etwa 1 km langes 100 kV-Dreileiter-Bleimantelkabel für 40 000 kW Durchgangsleistung versuchsweise eingebaut worden ist. Die Städteheizanlage Charlottenburg kann als endgültig ausgebaut angesehen werden, und das Steglitzer Wärmeverteilungsnetz dürfte im laufenden Jahr seiner Vollendung entgegengehen. Im April 1930 hat die Gesellschaft mit einem amerikanischen Bankenkonsortium eine 6prozentige Anleihe von 15 Mill $ abgeschlossen und damit ihre gesamte kurzfristige Verschuldung fundiert sowie darüber hinaus Mittel für die noch schwebenden Bauvorhaben sicherstellen können. Einnahmen aus Stromlieferung: 155 927 789 RM (144 076 544 i. V.), aus Wärmelieferung: 1 222 245 RM (984 240 i. V.), aus Sonstigem: 975 029 RM (964 331 i. V.), Reingewinn: 1 589 876 RM (1 962 658 i. V.), Dividende: wieder 10 % auf 15 Mill RM Stammaktienkapital. Einschließlich letzterer sind der Stadt Berlin, abgesehen von Steuern, für 1930 rd. 58,748 Mill RM zugeflossen (26,297 i. V.).

Nach dem Bericht der Walchenseewerk AG., München, betrugen 1929/30 die Wasserdarbietungen im ganzen 89 % der Werte eines Normaljahres. Aus dem Werk und den Anlagen der Mittlere Isar AG. wurden an Drehstrom rd. 307 Mill kWh an das Bayernwerk abgegeben (rd. 321 i. V.) und hiervon der Berichterstatterin rd. 105 Mill kWh vergütet, d. h. rd. 3,7 % weniger als im Vorjahr (rd. 109 Mill kWh). Die Anrechnung auf die gesamte Einphasenstromlieferung beider Unternehmen von 126 Mill kWh (130 i. V.) war mit 50 Mill kWh um rd. 3,85 % geringer als 1928/29 (52 Mill kWh). Wegen der allgemeinen schlechten Wirtschaftslage kann der Vorstand die Aussichten für das laufende Geschäftsjahr nicht als günstig bezeichnen. Einnahmen aus dem Betriebsführungsvertrag mit der Bayernwerk AG.: 1 608 070 RM (1 755 351 i. V.), aus Verschiedenem: 5737 RM (3093 i. V.), Rohgewinn: 982 065 RM (1 093 120 i. V.), Reingewinn mit Vortrag: 223 577 RM (262 000 i. V.), Dividende: 4 % auf 5 Mill RM Aktienkapital (5 % i. V.).

Das Geschäftsjahr 1929/30 hat für die Mittlere Isar AG., München, den Abschluß des 1919 begonnenen Gesamtausbaus ihrer Werke gebracht; das neue in Pfrombach kam auch mit der Einphasenseite und dem großen Umformer in Betrieb. Von der beim Walchenseewerk schon genannten Gesamtstromabgabe beider Unternehmungen wurden der Berichterstatterin an Drehstrom 202 Mill kWh (212 i. V.) und beim Einphasenstrom 76 Mill kWh (78 i. V.) zugerechnet. Die Wasserdarbietung der Isar betrug nur 79 % eines Normaljahres. 6 kV-seitig hat die Gesellschaft 213 Mill kWh Drehstrom und 100 Mill kWh Einphasenstrom erzeugt, wovon insgesamt 3,2 Mill kWh zur Umformung von Einphasen- in Drehstrom bzw. umgekehrt gelangten. Stromerlös und sonstige Einnahmen: 5 450 705 RM (4 606 315 i. V.), Rohgewinn: 2 072 849 RM (1 780 134 i. V.), Reingewinn mit Vortrag: 800 529 RM (513 013 i. V.), Dividende: 4 % auf dividendenberechtigte 18 Mill RM des 27 Mill RM ausmachenden Aktienkapitals (5 % auf 9 Mill RM i. V.).

Bei der Bayernwerk AG., München, ist 1929/30 der Drehstromabsatz gegen das Vorjahr zunächst um rd. 18 % gestiegen, seit April 1930 aber stark zurückgegangen, so daß die gesamte Drehstromabgabe nur wenige Prozent höher war als im Vorjahr. Die Drehstromerzeugung einschl. Fremdstrombezug betrug rd. 533 Mill kWh (rd. 509 i. V.), die Einphasenstromerzeugung rd. 132 Mill kWh (rd. 134 i. V.), die in das Netz eingespeiste Transportenergie rd. 214 Mill kWh (rd. 197 i. V.) und der gesamte Stromabsatz demnach rd. 879 Mill kWh (rd. 840 i. V.). Einschließlich Fremdstrombezug, aber ohne Eigenverbrauch der Kraftwerke sind im ganzen 665 Mill kWh produziert worden, d. h. 3,4 % mehr als 1928/29 (643 Mill kWh). Das Bayernwerk hat seinen Drehstromabnehmern 476 Mill kWh und der Reichsbahn-Gesellschaft rd. 126 Mill kWh Einphasenstrom nutzbar geliefert, d. s. 5,3 % mehr Drehstrom, aber 3 % weniger Einphasenstrom als 1928/29 (452 bzw. 130 Mill kWh). Die höchsten Leistungsspitzen waren bei der Drehstromerzeugung einschl. Fremdstrombezug und eingespeister Transportenergie 198 000 kW (181 000 i. V.), desgl. ohne Transportenergie 167 900 kW (153 000 i. V.) und bei der Einphasenstromgewinnung 42 000 kW (39 000 i. V.). Die Kupplung des Drehstromnetzes mit dem Einphasennetz der Reichsbahn über den Umformersatz des Kraftwerks Pfrombach konnte im Berichtsjahr erstmals zum Leistungsausgleich zwischen beiden Netzen bei Belastungspitzen ausgenutzt werden. Der Verbundbetrieb mit den benachbarten Landesversorgungen wurde durch die von der Württemb. Landes-Elektrizitäts-AG. in Obertürkheim vorgenommene Zusammenschaltung mit dem seinerseits wieder mit dem RWE gekuppelten Badenwerk erweitert. Eine zur Regelung des Energieaustausches zwischen den zusammengeschlossenen Netzen versuchsweise eingebaute Fernsteuerung beeinflußt die Energieerzeugung des Walchenseewerks mittels Hochfrequenz-Fernmeßeinrichtung aus einer Entfernung von über 300 km so, daß an der Übergabestelle zwischen den Netzen der gewünschte Energiefluß stattfindet. Die Gesellschaft hat die vertragsmäßige Belieferung der Isarwerke G. m. b. H. aus dem Umspannwerk Krün für die Stromabgabe an die Zugspitzbahn und die Versorgung der Oberpfalzwerke AG. aus dem bei der Zentrale Schwandorf errichteten Umspannwerk aufgenommen. Letztere (erster Ausbau 55 000 kW) kam — Braunkohle der Grube Wackersdorf feuernd — am 9. III. 1930 in Betrieb, und am 1. IV. begann die vertragliche Stromlieferung aus dem Kraftwerk Obernau der Rhein-Main-Donau AG. Die installierte Transformatorenleistung des Bayernwerknetzes betrug im Frühjahr 1931 555 000 kVA. Im laufenden Geschäftsjahr ist der Stromabsatz während der ersten sechs Monate um rd. 20 % gesunken. Einnahmen aus Stromverkauf und -transport: 17 906 790 RM (16 810 885 i. V.), aus Verschiedenem: 923 596 RM (370 840 i. V.), Rohgewinn: 2 647 004 RM (2 990 526 i. V.), Reingewinn mit Vortrag: 435 574 RM (370 674 i. V.), Dividende: 4 % auf dividendenberechtigte 6 Mill RM des 18 Mill RM betragenden Aktienkapitals (5 % i. V.).

VEREINSNACHRICHTEN.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.
(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 7 Pallas 7286.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 21312.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker

Berlin W 57, Kurfürstenstraße 15/16.

Betr.: Installations-Selbstschalter.

Die Installations-Selbstschalter der Firma Voigt & Haeffner A.-G., Frankfurt a. M., Sockelform, für 6 und 10 A, 250 V Gleichspannung, 500 V Wechselspannung, mit thermischer und elektromagnetischer Auslösung, rückseitiger Anschluß durch Bolzen, Form U S t b, entsprechen lt. Gutachten des Elektrischen Prüfamtes 3 in München den am 1. VII. 1930 in Kraft getretenen Leitsätzen des VDE für Installations-Selbstschalter.

Prüfzeit: Juni 1931.

Bemerkt wird noch, daß die beiden Nennstromstufen bei Wechselspannung als 380 V-Apparate geprüft worden sind und daher an Stelle von Stromkreis-Schmelzsicherungen in Verteilungs-Stromkreisen bis 25 A, 250 V Gleichspannung, 380 V Wechselspannung, hinter Hauptsicherungen bis 100 A verwendbar sind.

(Fortsetzung siehe S. 982.)

Staatliches Materialprüfungsamt.

Berlin-Dahlem, Unter den Eichen 87. Fernspr.: Amt Breitenbach (G6) 2751.

Bekanntmachung über Isolierpreßmassen.

Der regelmäßigen Überwachung durch das Staatliche Materialprüfungsamt unterliegen die in folgender Tafel zusammengestellten Isolierpreßmassen, die gemäß den Bekanntmachungen des Zentralverbandes der deutschen elektrotechnischen Industrie, Untergruppe IV der Fachgruppe 19 (ETZ 1928, S. 1094) und der Technischen Vereinigung von Fabrikanten gummifreier Isolierstoffe E. V. (ETZ 1928, S. 1097) typisiert sind.

Die in ETZ 1930, S. 988, bekanntgegebene Liste wird hiermit ungültig.

Berlin-Dahlem, den 30. Juni 1931.

Der Präsident des Staatlichen Materialprüfungsamtes.

In Vertretung:

Herzberg.

Firma	Kenn-Nr. d. Firma i. Schutzzeichen	Type								
		S	0	1	2	3	4	7	8	X
Gebrüder Adt, Aktiengesellschaft, Ensheim (Saargebiet)	36	Adit S	—	—	—	Australit F	—	—	—	—
Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft, Fabriken Hennigsdorf, Hennigsdorf (Osthavelland) bei Berlin	38	Tenacit Type S	Tenacit Type 0	Tenacit Type 1	Tenacit Type 2	Tenacit Type 3	Tenacit Type 4	Tenacit Type 7	Tenacit Type 8	Tenacit A Type X Tenacit G Type X
Allgemeine Preß-Gesellschaft m. b. H., Berlin-Lichtenberg	96	Apege S	—	—	—	—	—	—	—	—
Alusil Preßstoffwerk, Probstzella (Thüringen)	F 1	Alusil S	—	Alusil 1	—	—	—	—	—	—
Rob. Anke, Porzellanfabrik, Oelsnitz i. Vogtl.	F 4	Preß-material Type S	—	—	—	—	—	—	—	—
Aronwerke, Elektrizitäts-Aktiengesellschaft, Berlin-Charlottenburg	35	Aronit S	—	—	Aronit 2	—	—	—	Aronit 8	—
Ernst Backhaus & Co., Kierspe-Bhf. i. Westf.	53	Isolierstoff Type S	Isolierstoff Type 0	—	—	—	—	Isolierstoff Type 7	—	—
Otto Backhaus G. m. b. H., Oberbrügge i. W.	F 0	Backitt S	—	Backitt 1	—	—	—	—	—	—
Bayerische Elektrozubehör Aktiengesellschaft, Lauf bei Nürnberg	67	Bezeg S	—	Bezeg 1	—	—	—	—	—	—
Bergmann-Elektricitäts-Werke, Aktiengesellschaft, Berlin-Rosenthal	29	Fulgurit S	Fulgurit 0	Fulgurit 1	Fulgurit Special 2	—	—	—	—	Fulgurit X
Gebr. Berker, Schalksmühle in Westf.	80	Isolier-panzer S	Isolier-panzer 0	—	—	—	—	—	—	—
Bezet-Werk Hermann Buchholz, Berlin-Neukölln	76	Bewerit S	Bewerit R	—	—	—	—	—	—	—
Bisterfeld & Stolting, Radevormwald (Rhld.)	70	Werkstoff Type S	Werkstoff Type 0	Werkstoff Type 1	—	—	—	—	—	—
Robert Bosch A.-G. Metallwerk, Feuerbach bei Stuttgart	55	ResiformS	Resiform 0	—	—	—	—	—	—	—
Ernst Bremicker, Ing., Kierspe-Bhf. i. Westf.	61	Toledoit S	—	—	—	—	—	—	—	—
vom Brocke G. m. b. H., Halver i. Westf.	A 2	Isolier-stoff Type S	—	—	—	—	—	—	—	—
Gebrüder Broghammer, Schramberg.	F 8	Bakopress	—	—	—	—	—	—	—	—
Dr. Deisting & Co., Gesellschaft mit beschränkter Haftung, Kierspe i. Westf.	39	Isolier-stahl S	Isolier-stahl H	Isolier-stahl M	—	—	—	—	—	—
Deutsche Legrit-Gesellschaft m. b. H. Carl Lindström, W. Letzel & Co., Berlin NO 55	A 4	Legrit B	—	—	—	—	—	—	—	—
Deutsche Philips Gesellschaft m. b. H., Berlin W 35	58	Philit S	Philit 0	Philit 1	—	—	—	—	—	—
Elektrotechnische Fabrik G. m. b. H., Bebra H.-N.	22	Bebrit S	—	Bebrit 1	Rulit 2	—	—	Bebrit 7	—	—
Elektrotechnische Fabrik J. Carl, Gesellschaft mit beschränkter Haftung, Oberweimar (Thür.)	E 0	Carlit S	—	—	—	—	—	—	—	—
Elektrotechnische Fabrik Weber & Co., Komm.-Ges., Kranichfeld (Thür.)	98	Wecranit S	—	—	—	—	—	—	—	—
Ellinger & Geißler, Dorfhain (Bez. Dresden)	54	Elgesit Nr. 2	Elgesit Nr. 1	Elgesit Nr. 3	—	—	—	—	—	—
Ferdinand Erk, Ruhla (Thüringen)	E 5	Ernot S	—	—	—	—	—	—	—	—
Futuritwerk Aktiengesellschaft, Wien XX	92	Futurit GWs	Futurit GW	—	—	—	—	—	—	—
Gamba, Breckerfeld (Kreis Hagen i. Westf.)	A 0	Gambasit S	—	—	—	—	—	—	—	—
Christian Geyer G. m. b. H., Nürnberg	83	Norit S	Norit 0	—	Norit 2	—	—	Norit 7	Norit 8	—
Graewe & Co., Menden i. Westf.	E 8	Graconit S	—	—	—	—	—	—	—	—
Friedrich Hefendehl, Kierspe-Bahnhof i. Westf.	F 7	Helit S	—	—	—	—	—	—	—	—
Helios-Werk, Hermann Will, Jena	E 3	Hewillit S	—	—	—	—	—	—	—	—
Paul Hochköpper & Co., Lüdenscheid i. Westf.	87	Hocolit S	—	—	—	—	—	—	—	—
Hoffmeister & Sohn G. m. b. H., Lüdenscheid i. Westf.	F 6	Hosolit S	—	—	—	—	—	—	—	—
Isola Werke A.-G., Düren (Rhld.)	40	Durax II	Durax I	—	Fermit Type 2	Fermit Type 3	—	—	Fermit Type 8	Fermit Type X
Isolierpreß- und Porzellanfabrik G. m. b. H., Lüdenscheid i. Westf.	99	Supralit S	—	—	—	—	—	—	—	—
„Isolit" Fabrik für Isoliermittel der elektrotechnischen Industrie G. m. b. H., Jabloné n. Orlici (Tschechoslowakei)	E 6	Isolit 3 As	Isolit 3 A	—	—	—	—	—	—	—
Paul Jatow, Dodendorf (Bez. Magdeburg)	E 4	Pejatit S	—	—	—	—	—	—	—	—
Erich Jaeger G. m. b. H., Bad Homburg	95	Elerit S	—	—	—	—	—	—	—	—
Kabelfabrik Aktiengesellschaft, vorm. Otto Bondy, Gummon- und Kunstharzwerke Bratislava (Preßburg) Tschechoslowakei	89	Futurit Gs	Futurit G	—	Futurit A	—	—	Fixit F	—	—

Firma	Kenn-Nr. d. Firma i. Schutzzeichen	Type								
		S	0	1	2	3	4	7	8	X
Julius Klein, Coburg	60	Kleinit S	—	—	—	—	—	—	—	—
Leopold Kostal, Lüdenscheid i. Westf.	72	Poldit S	Poldit 0	Poldit 1	—	—	—	—	—	—
Theod. Krägeloh & Comp., Dahlerbrück (Westf.)	85	Teka S	—	—	—	—	—	—	—	—
Hugo Krieger & Faudt, Berlin SW 68	78	Hakalit S	—	—	—	—	—	—	—	—
Linden & Co., G. m. b. H., Lüdenscheid i. Westf.	79	Linölit S	—	—	—	—	—	—	—	—
Lindner & Co., Jecha-Sondershausen (Thüringen)	A 8	Licolit S	—	—	—	—	—	—	—	—
Lutz & Co., Lauf a. P. bei Nürnberg (Bayern)	A 5	Isolationsmaterial Type S	—	—	—	—	—	—	—	—
Lohmann & Welschehold, Meinerzhagen i. W.	E 9	Isolierstoff Type S	—	—	—	—	—	—	—	—
Gebrüder Merten, Gummersbach (Rhld.)	24	Merit S	—	—	—	—	—	—	—	—
Mix & Genest Aktiengesellschaft, Berlin-Schöneberg	68	Mixit S	Mixit 0	—	—	—	—	—	—	—
Müller & Ros, Coburg	66	Rosit S	—	—	—	—	—	—	—	—
New York-Hamburger Gummi-Waaren Compagnie Hamburg, Hamburg	21	Formolit S	Formolit 0	—	—	—	—	—	—	—
Porzellanfabrik Bernhardshütte G. m. b. H., Blechhammer bei Sonneberg (Thüringen), Post Hüttensteinach i. Thür.	93	Bernit S	Bernit 0	Bernit 1	—	—	—	—	—	—
Preßstoffwerk Neustadt G. m. b. H., Neustadt b. Coburg	F 3	Perosit S	—	—	—	—	—	—	—	—
Preßstoffwerk Schöppenstedt Paul Schnake, Schöppenstedt	81	Roderit XXX	—	—	—	—	—	—	—	—
Preßstoff-Werk Zeyern Inh. Franz Stauch, Zeyern b. Kronach i. Bay.	F 2	Zeynit S	—	—	—	—	—	—	—	—
Preßwerk A.-G., Essen	45	Thesit supra	Thesit Nr. 0	Thesit Nr. 1	Thesit Nr. 2	—	—	—	—	—
Preßwerk Krauss & Weiss, Berlin N 65	86	KW 66/S	—	—	—	KW 66 III	—	—	—	—
Wilh. Quante, Wuppertal-Elberfeld	73	Wekulit S	—	—	—	—	—	—	—	—
Radio H. Mende & Co. G. m. b. H., Dresden-N. 15	56	Mendelith S	Mendelith 0	Mendelith 1	—	—	—	—	—	—
Rheinisch-Westfälische Sprengstoff-Aktien-Gesellschaft, Celluloid-Fabrik, Troisdorf (Bez. Köln)	43	Trolitan Type S	Pollopas Trolitan Type 0 Trolitan Z	—	Gummon 24	Gummon 11 Gummon 25	Gummon 12	—	Gummon 180	Gummon C
H. Römmler Aktiengesellschaft, Spremberg Nd.-L./Berlin	32	Hares C Special Hares C	Resopal Hares L	Hares C Spezial F	Resistan Type 2	Resistan Type 3	—	Heliosit B Spezial	Heliosit B	Resistan E
Schreiner & Sievers, Offenbacher Celluloid-Fabrik, Offenbach a. Main	97	Osilit S	—	—	—	—	—	—	—	—
Max Schulze, Meissen in Sa.	F 5	Schulit S	—	—	—	—	—	—	—	—
Seckelmann & Co., Lüdenscheid i. Westf.	59	Sekolit S	—	—	—	—	—	—	—	—
Siemens-Schuckertwerke Aktiengesellschaft, Vertriebsabteilung Gummiwerk (VG), Berlin-Siemensstadt (Gartenfeld)	34	Eshalit E 76	Eshalit E 74 Eshalit E 100	Eshalit E 87	Eshalit E 59 Eshalit E 95	—	Eshalit E 61	Eshalit E 81	Zeterit C	Eshalit E 90
Soldin & Co., Berlin NO 43	49	Esconit S	—	—	—	Esconit 3	—	Esconit 7	—	—
Gebr. Spindler, Betr.-Kom.-Ges., Köppelsdorf (Thür.)	E 7	Gesanit S	—	Gesanit 1	—	—	—	—	—	—
Süddeutsche Isolatoren-Werke G. m. b. H., Freiburg im Breisgau	25	Ricolit Type S	Ricolit Type 0	Ricolit Type 1	Ricolit Type 2	—	Ricolit Type 4	Ricolit Type 7	Ricolit Type 8	—
Synthaform, Fabrik für Formteile aus synthetischen Edelharzen G. m. b. H., Berlin-Lichterfelde	74	Rö S	Rö 0	Rö 1	—	—	—	—	—	—
Paul Teich, Berlin O 27	82	Teasit S	—	—	—	—	—	—	—	—
Telephonfabrik Berliner Aktiengesellschaft, Berlin-Steglitz	A 6	Tefagit S	—	—	—	—	—	—	—	—
Thega-Kontakt G. m. b. H., Berlin SW 19	94	Thegranit S	—	Thegranit 1	—	—	—	—	—	—
Bernhard Thormann, Berlin NO 18	90	Thormalit S	—	—	—	—	—	—	—	—
Gebr. Vedder, Schalksmühle i. Westf.	84	Preß-Stoff Type S	Preß-Stoff Type 0	—	—	—	—	—	—	—
Vereinigte elektrotechnische Fabriken F. W. Busch & Gebr. Jaeger A.-G., Lüdenscheid i. Westf.	23	Bilit S	—	Bilit 1	Bilit 2	Bilit 3	—	—	—	—
Vereinigte Isolatorenwerke Aktiengesellschaft, Berlin-Pankow	31	Ambroin S	Ambroin 0	—	Margolit 2	—	—	Ambroin 7	Ambroin 8	—
Volkenrath & Co., Schwenke-Westf.	A 3	Volcolit S	—	—	—	—	—	—	—	—
Gebr. Vollmerhaus, Kierspe-Bahnhof i. Westf.	50	Vollmerit S	—	—	—	—	—	—	—	—
Vossloh-Werke G. m. b. H., Lüdenscheid i. Westf.	E 2	Vauwe S	Vauwe 0	—	—	—	—	—	—	—
Wester, Ebbinghaus & Co., Hanau	F 9	Wecolit Type S	—	—	—	—	—	—	—	—
Westfälische Porzellanfabrik G. m. b. H., Carthausen, Post Schalksmühle i. Westf.	A 1	Wepolit S	—	—	—	—	—	—	—	—
Winkel & Schulte, Herscheid i. Westf.	51	Herschelit S	—	—	—	—	—	—	—	—
Erich Wippermann, Halver i. Westf.	46	Permanit S	—	—	—	—	—	—	—	—
Wolff & Co., Walsrode	33	Kiwitan S	—	Kiwitan 1	Kiwitan 2	Kiwitan 3	—	—	—	—

(Fortsetzung von S. 979.)

Betr.: Zusammenstellung der erteilten Genehmigungen zur Benutzung des VDE-Zeichens bzw. des Verbandskennfadens.

Die VDE-Prüfstelle wird in Kürze einen Nachtrag nach dem Stande vom 1. VII. 1931 zu der „Zusammenstellung der erteilten Genehmigungen zur Benutzung des VDE-Zeichens oder des Verbandskennfadens für isolierte Leitungen nach dem Stande vom 1. I. 1931" herausgeben.

Dieser Nachtrag wird gegen Einsendung des Portos kostenlos abgegeben.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.
Zimmermann.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

E. Rühle †. Am 11. VII. starb der Chefelektriker der BEWAG, Dr.-Ing. E. h. Ernst Rühle. Wir kommen darauf in einem besonderen Nachruf zurück.

W. Vogel †. Am 13. VII. starb Direktor Wilhelm Vogel, Oberingenieur der Elektrotechnischen Abteilung des Oberschlesischen Überwachungsvereins, Gleiwitz. Auch dieses Toten werden wir in einem besonderen Nachruf gedenken.

LITERATUR.

Besprechungen.

Grundlagen der technischen Röntgendurchstrahlung. Von Dr.-Ing. Berthold. Mit 62 Fig. i. Text. VII u. 109 S. in 8°. Verlag Johann Ambrosius Barth, Leipzig 1930. Preis geh. 9 RM, geb. 10,80 RM.

Das Buch kommt gerade zur rechten Zeit, um durch Schaffung exakter Grundlagen dem Verfahren der technischen Röntgendurchstrahlung den Weg in die Praxis zu ebnen, der bisher nur in empirisch-tastenden Versuchen hat beschritten werden können. Außer den allgemeinen Grundlagen der Röntgenphysik (Eigenschaften der Röntgenstrahlen, Schwächung beim Durchgang durch Materie in Abhängigkeit von der Beschaffenheit der Strahlung sowie von Art und Dicke des schwächenden Stoffes) und der Röntgenphotographie (Eigenschaften und Verhalten der photographischen Schicht mit und ohne Verstärkerfolien sowie des Leuchtschirms bei Röntgenbelichtung, physiologische Grundlagen des Betrachtens von Röntgennegativen und Leuchtschirmbildern) bringt der Verfasser als Kernstück seiner Darlegungen die in eigenen Versuchen gewonnenen speziellen Grundlagen des Verfahrens, nämlich die Fragen der Belichtung, der Fehlererkennbarkeit (bei Al, Fe und Cu) in Abhängigkeit von der Strahlenqualität, den Einfluß und die Beseitigung der Streustrahlung, die Bildschärfe, weiter die Grenzen der Durchstrahlbarkeit und der Fehlererkennbarkeit. Besondere Kapitel sind den apparativen Hilfsmitteln (Hochspannungserzeuger, Röntgenröhre usw.), den Sicherheitsmaßnahmen (Strahlen- und Hochspannungsschutz) und der Wirtschaftlichkeit des Verfahrens (Anschaffungs- und Betriebskosten) gewidmet.

Kuppenheim, Berlin.

Dati e Memorie sulle Radiocomunicazioni. Herausgegeben vom Consiglio Nazionale delle Ricerche, Comitato Radiotelegrafico (Italienischer Nationalrat für funktechnische Forschungen). Bd. II, 1930. Rom, Istituto Poligrafico dello Stato Libreria. Preis 50 Lire.

Der zweite Band dieser Jahresschrift liegt vor[1] und steht an Umfang (1056 Seiten, wozu noch eine reichhaltige funktechnische Formelsammlung kommt) und Inhalt weit über dem vorjährigen Bande. Auch diesmal ist das Vorwort von Pession geschrieben und die Schrift wieder Marconi gewidmet. In den Abschnitten über Wellenausbreitung, Apparattechnik, Hochfrequenzmessungen und Schaltungstheorie finden sich zahlreiche wertvolle Forschungsarbeiten und solche kritischer Art. Sacco berichtet über Reichweitenmessungen in unmittelbarer Nähe kleiner RT-Stationen in verschiedenartig gestaltetem Gelände. Raffaele Marsili bearbeitet mathematisch die Ausbreitung der elektromagnetischen Wellen. Gewisse Beachtung verdient der Aufsatz von Quirino Majorana über optische Telephonie mit unsichtbaren Strahlen. Er beschäftigt sich hauptsächlich mit ultravioletten Strahlen und bespricht Versuche auf 20 km Entfernung in der Nähe von Bologna. Mit der Theorie, Technik und Anwendung der photoelektrischen Zelle beschäftigen sich zwei Aufsätze von Giorgio Tedesco. In zusammenfassender Weise berichtet Romualdo Regnoni über funktelephonische Brücken und macht, allerdings sehr knappe Angaben über die jetzt von Marconi mit 7 m-Welle eingerichtete und in das italienische Telephonnetz eingefügte Radiotelephonieverbindung Festland (Fiumicino) und Sardinien (Golfo Aranci). Eine ganze Reihe von Aufsätzen behandelt Hochfrequenzmessungen. Vecchiacchi berichtet über eine statische Kaskadenmethode zur Messung von Frequenzen bis 10^9 Hz. Pession und Gorio beschreiben Wellenmessungen, Messungen von Hochfrequenzströmen mittels einer photometrischen Methode (unter Benutzung einer photoelektrischen Zelle von Clausen und von Bronk), Leistungs- und Wirkungsgradmessungen an Sendern usw.

Zusammenfassend kann man sagen, daß der dreimal größere Umfang der Jahresschrift beweist, daß das neue Italien auch auf dem Radiogebiete in erhöhtem Maße wissenschaftlich zu arbeiten beginnt, und daß man bestrebt ist, die Fortschritte der Fachwelt alljährlich in gesammelter Form vorzulegen.

Rautenkrantz.

[1] Die Beurteilung des I. Bandes (1929) s. ETZ 1929, S. 791.

Der Wasserbau. Ein Handbuch f. Studium u. Praxis. Von Prof. Dr. techn. A. Schoklitsch. Bd. 1 mit 708 Abb. u. 74 Tab., XI u. 484 S. in 4°. Bd. 2 mit 1349 Abb. u. 45 Tab., VI u. 715 S. in 4°. Verlag Julius Springer, Wien 1930. Preis geb. Bd. 1: 52 RM, Bd. 2: 78 RM.

Es sind in den letzten Jahren eine ganze Reihe großer Werke über den Wasserbau erschienen. Dieses Gebiet, besonders so weit die Arbeiten dem Verkehr und der Kraftwirtschaft dienen, hat sich sehr entwickelt, wasserwirtschaftlich und baulich. Auch seine Bedeutung für die Allgemeinwirtschaft ist außerordentlich gewachsen, und bedeutende Aufgaben sind noch zu lösen. Von den Strömen und Niederungen, deren Wasserwirtschaft man um die Mitte des vorigen Jahrhunderts stärker zu pflegen begann, ging der Zug um die Jahrhundertwende in das mittlere Gebirge, und der neueste Schritt ist die Eroberung des Hochgebirges, ja des eis- und schneebedeckten alpinen Hochgebirges, wo ganz eigenartige Fragen locken. Da ist es kein Wunder, wenn auch das Schrifttum wächst.

Der erste Band bringt hauptsächlich die Meteorologie, Gewässerkunde, Hydraulik, Bodenkunde, Wasserversorgung und Ortsentwässerung. Der zweite Band umfaßt die Stauwerke, Wasserkraftanlagen, Meliorationen, den Fluß- und Verkehswasserbau. Die Bearbeitung dieses gesamten Wasserbaues aus einer Feder ist bei dem Umfange des Stoffes, wenn man in Einzelheiten gehen will, wie der Verfasser es tut, ein außerordentliches Unternehmen. Die Wasserkraftanlagen sind mit allen ihren mannigfachen Einrichtungen ein besonderes Feld des Buches, wobei auch die Turbinen besprochen werden. Die Talsperren und Wehre sind ebenfalls eingehend behandelt, indem vornehmlich österreichische und deutsche Werke beschrieben werden. Dabei ist zu bemerken, daß die Talsperren, die der Verfasser bei der Wasserversorgung nicht erwähnt hat, doch auch zu den Wassergewinnungsanlagen in sehr erheblichem Maße neben den Quell-, Grund- und Flußwasserfassungen usw. gehören. Das Ganze ist ein gut durchgearbeitetes Werk, das Studierende und Ingenieure sehr fördern kann. Die Erörterung von Wirtschaftsfragen vermißt man allerdings. Die Ausstattung ist durchaus gediegen.

Mattern.

Lehrbuch der technischen Mechanik für Ing. u. Phys. Zum Gebrauche bei Vorlesungen und zum Selbststudium. Von Prof. Dr.-Ing. Th. Pöschl. 2. vollst. umgearb Aufl. Mit 249 Textabb., VIII u. 318 S. in gr. 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1930. Preis geh. 17,50 RM, geb. 19 RM.

Der Erstausgabe ist in verhältnismäßig kurzem Zeitraum eine zweite Auflage gefolgt, ein Zeichen dafür, daß die Erwartungen, die man an das Buch bei seinem Erscheinen geknüpft hat, erfüllt worden sind. Das Buch bietet, wie in seiner ersten Form, noch mehr in seinem jetzigen Aufbau den Studierenden der Technischen Hochschulen einen Weg, auf dem sie sich in bequemer Weise die einfachsten und wichtigsten Kenntnisse über das Verhalten des starren Körpers aneignen können. Auch in den Kreisen des in der Praxis schaffenden Ingenieurs dürfte sich die neue Auflage Freunde erwerben, da die Lektüre anregend und nicht allzu zeitraubend ist. Vielleicht wäre mit Rücksicht hierauf das Kapitel Reibung noch etwas weiter aus-

zubauen, ebenso das heute außerordentlich wichtige Gebiet der Schwingungen, bei dem das Kreispendel zu kurz gekommen ist. Endlich wäre ein kurzer Abschnitt über erzwungene Schwingungen von großer Amplitude nicht überflüssig, insofern als dabei in der Nähe der sogen. Resonanz ganz neuartige Erscheinungen auftreten, die auch für die Praxis von Bedeutung sind.

Das Zahlenbeispiel 88, S. 164, muß revidiert werden: daß für $\varphi = 0$ der Koeffizient f sein Vorzeichen wechselt, steht im Widerspruch mit der Aussage S. 160, Z. 1 r. u., da bei $\varphi = 0$ keine Umkehr der Bewegung stattfindet. Der Satz S. 133 „Zerschneiden der Natur . . . . ." besagt nichts, könnte aber unter Umständen Neulinge dazu verleiten, die Repräsentanten der Naturvorgänge, wie Differentialgleichungen, Diagramme usw., mit der Scheere zu bearbeiten, was ein gefährliches Unternehmen ist. Druck und Ausstattung des Werkes sind vorzüglich, so daß seiner weiteren Verbreitung der Weg geebnet sein dürfte.

Georg Duffing.

Untersuchungen an Zylinder- und Globoid-Schneckentrieben. Von Dr.-Ing. G. Maschmeier. (H. 9 der Versuchsergebn. des Versuchsfeldes f. Maschinenelemente d. T. H. Berlin. Vorst. Prof. Kammerer.) Mit 38 Textabb. u. 47 S. in 4°. Verlag R. Oldenbourg, München u. Berlin 1930. Preis kart. 4 RM.

Seitdem Reuleaux darauf aufmerksam gemacht hatte, daß die Flanken von Globoidschnecken im Mittelschnitt nicht Punktberührung wie bei zylindrischen Schnecken, sondern Linienberührung besitzen, war immer wieder versucht worden, die Globoidschnecke anzuwenden. Neuerdings wird sie mit verbesserter Herstellung für den Antrieb von Lastwagen verwendet. Das vorliegende Heft des Charlottenburger Versuchsfeldes für Maschinenelemente berichtet über Vergleichsversuche. Die zugleich vorgenommene graphische Untersuchung zeigt, daß die gute Berührung nur im Mittelschnitt stattfindet, nicht aber in den Seitenschnitten, und daß das Eingriffsfeld nur hinter der Mittellinie liegt. Dementsprechend ergab sich bei höheren Belastungen — $k = 40 \ldots 80$ — ein etwas niedrigerer Wirkungsgrad der Globoidschnecke mit entsprechend höherer Erwärmung.

Kammerer, Charlottenburg.

Die Kraftwirtschaft. Von Dr.-Ing. H. Balcke, I. Band. Mit 393 Textabb. u. 16 Zahlentaf., X u. 680 S. in 8°. Verlag R. Oldenbourg, München und Berlin 1930. Preis geh. 36 RM, geb. 38 RM.

Nach Klärung des Begriffes „Kraftwirtschaft" werden die einzelnen Vorgänge im Kraftwerk in sechs Kreisläufe zerlegt, nämlich in den Kohle-Asche-, Verbrennungsluft-Rauchgas-, Speisewasser-Dampf-, elektrischen Kreislauf und in den der Generator-Transformatorenkühlluft.

Nach den verschiedenen Brennstoffarten werden die einzelnen Feuerungssysteme aufgezählt. Neben der Aschen- und Schlackenförderung aus den Kesseltrichtern wird die heute immer mehr notwendig werdende Flugaschenentfernung aus den Rauchgasen behandelt. Die Speisewasservorwärmung durch Rauchgas wird einerseits der durch Anzapfdampf, anderseits der Verbrennungsluftvorwärmung kritisch gegenübergestellt. Nach Beschreibung der gebräuchlichen Kesselbauarten — auch der Höchstdruck wird behandelt — wird als Mittel zur Verbesserung des Gesamtwirkungsgrades auf die vielseitigen Speichersysteme verwiesen. Neben der Kondensationsturbine werden eingehend die Anwendungsgebiete der Gegendruck- und Anzapfturbine geschildert. Daß das Kapitel über Speisewasserpflege alles Grundlegende in knapper verständlicher Form bringt, nimmt nicht wunder, da ja Balckes Werke über Abwärmeverwertung und Kondensatpflege der Fachwelt bekannt sind. Die Kondensatorbauarten und vor allem die zweckmäßigen Reinigungssysteme werden genannt. Nach Bekanntgabe der allgemeinen Richtlinien für elektrische Schaltanlagen wird auf den neuzeitlichen Rohrleitungsbau eingegangen. Dem heute so wichtigen Überwachungssystem wird ein Kapitel gewidmet. Es würde zu weit führen, den ganzen Inhalt des umfangreichen Werkes anzuführen. Es sei jedoch erwähnt, daß sowohl diejenigen, die über kleinste Kraftanlagen sich Rat holen wollen, als auch diejenigen, die über die gesamte Kraftwirtschaft Auskunft verlangen, zu ihrem Recht kommen. Es sind nämlich Lokomobilen, Sauggas- und Dieselmotoren, ja selbst die verschiedenen Arten der Wasserkraftmaschinen aufgeführt. Das vorliegende Werk enthält alles Wissenswerte aus dem großen Gebiet der Kraftwirtschaft in gedrängter und doch verständlicher Form und vermeidet jedes Abschweifen ins Nebensächliche. Es ist daher sowohl für den Studierenden zum Lernen, wie auch für den Elektrizitätswerkleiter zum Nachschlagen sehr wertvoll. Das Nachschlagen wird neben einer guten Inhaltsübersicht durch Hinweise auf andere Kapitel des Buches und auf die einschlägige Literatur erleichtert.

H. Schlicke.

Elektropolitik und Weltvertrustung. Von E. Hess. Mit 4 Karten u. 66 S. in 4°. Verlag des „Algemeen Handelsblad" N. V., Amsterdam 1931.

Die Broschüre versucht, durch Beschreibung des Aufbaus der Elektrokonzerne einen Überblick über die internationale Verflechtung der Elektroindustrie zu geben. Entsprechend dem ursprünglichen Zweck dieser Arbeit, die eine Sammlung einzelner im „Algemeen Handelsblad" erschienener Artikel darstellt, ist sie auf einen großen Leserkreis holländischer Kleinkapitalisten eingestellt und behandelt die Probleme der Elektro„politik" nur durch beiläufige Hinweise gelegentlich der Konzernbeschreibung. Ausführlicher wird der Verfasser bei der Darstellung des internationalen Glühlampenkartells, wo er sich von dem engen Rahmen der Einzelkonzerne loslöst und die Entwicklung etwas systematischer betrachtet. Eine systematische Klarlegung der treibenden wirtschaftlichen Kräfte vermißt man sonst in diesem Buch, das meist nur eine Materialsammlung für einzelne Gesellschaften ist. Auch die beigefügten Konzernskizzen, die mit großem Fleiß zusammengestellt sind, bieten derartig viel an Stofflichem, daß leicht der Überblick getrübt wird und die großen entscheidenden Zusammenhänge verwischt werden, wie z. B. bei dem Blatt AEG-Siemens und Sofina. Die Entwicklung der internationalen Kapitalbewegung und des internationalen Elektrohandels, die doch zweifellos große Tendenzen für eine Weltvertrustung aufzeigen, werden nicht behandelt. Die Aufgabe, die sich der Verfasser gestellt hat, ist angesichts der komplizierten finanziellen, patentrechtlichen und sonstigen vertraglichen Verhältnisse in der internationalen Elektroindustrie so umfassend, daß sie in einer so kurzen Abhandlung kaum zu lösen sein dürfte.

B. Kiesewetter.

Intregalgleichungen unter besonderer Berücksichtigung der Anwendungen. Von Prof. Dr. G. Wiarda. (Samml. mathem.-physikal. Lehrbücher Bd. 25). Mit 8 Abb. i. Text u. 183 S. in 8°. Verlag B. G. Teubner, Leipzig u. Berlin 1930. Preis geb. 9,60 RM.

Das Lesen dieses kleinen Buches hat dem Referenten aufrichtig Freude gemacht: es ist eine sehr geschickte, mit verhältnismäßig wenig Vorkenntnissen lesbare und doch durchaus wissenschaftliche Einführung in den ja auch den Ingenieur interessierenden Gegenstand. Im Vordergrund steht die Theorie von E. Schmidt, die das zweite Kapitel (Integralgleichungen mit symmetrischem Kern), und das vierte Kapitel (Integralgleichungen mit unsymmetrischem Kern) erfüllt. In der Darstellung baut sich das zweite Kapitel, das Hauptkapitel, sehr geschickt auf, indem der schwierigste Teil, nämlich der Beweis der Existenz von mindestens einem Eigenwert an den Schluß gesetzt wird, nachdem der Leser die Bedeutung dieses Satzes in allen seinen Schlußfolgerungen bereits kennen gelernt hat. Das erste Kapitel führt an der Hand physikalisch-technischer Aufgaben in die Problemstellung ein, das dritte Kapitel bringt Anwendungen auf die Wärmeleitung, auf Biegung und Knickung sowie den Zusammenhang mit der Randwertaufgabe der Differentialgleichungen. Anwendungen auf die Potentialtheorie stehen am Ende des vierten Kapitels. Das letzte und fünfte Kapitel deutet dann noch die Fredholmsche Methode und den Zusammenhang mit der Funktionentheorie an. Es fehlen die Volterraschen Integralgleichungen, die Gleichungen erster Art und die Methode der unendlich vielen Variabeln. Aber man kann auch nicht alles in einem so kleinen Buche bringen. Der Schnitt ist nach Ansicht des Referenten an der richtigen Stelle gemacht. Also ein durchaus empfehlenswertes Buch.

Hamel.

Eingegangene Doktordissertationen.

Josef Dantscher, Untersuchung der elektrischen Feldverteilung in dielektrischen Flüssigkeiten mittels der elektrischen Doppelbrechung (elektrooptischer Kerr-Effekt). T. H. München 1930. (Sonderdr. aus Ann. Phys. 5. Folge, Bd. 9, H. 2, 1931.)

Wilhelm Wahl, Untersuchungen über Bakelit-Preßmaterialien. T. H. Hannover 1931.

Carl August Duckwitz, Dauerprüfungen unter wechselnden Zugbeanspruchungen an Stahldrähten. T. H. Aachen 1931. (Die Arb. ist gleichz. als Lief. 5 des 13. Bd. d. Mitt. aus dem Kaiser-Wilh.-Inst. f. Eisenforschung erschienen.)

Walter Gerber, Raumladungsschwingungen in Dioden. T. H. Zürich 1930.

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Bergmann-Elektricitäts-Werke AG., Berlin[1]. — Im Geschäftsbericht für 1930 bemerkt der Vorstand: „Die bereits gegen Ende 1929 fühlbar gewordene Verschlechterung der Wirtschaftslage hat sich im Berichtsjahre und insbesondere während des letzten Quartals desselben in katastrophaler Weise fortgesetzt und in Deutschland, dessen Markt stets unser Hauptabsatzgebiet war, einen bisher nie beobachteten Tiefstand erreicht. Die Stillegung unserer Werke durch den Lohnstreik in Berlin von Mitte Oktober bis Anfang November hat das Geschäftsergebnis weiterhin ungünstig beeinflußt. Die Bestrebungen, den in Deutschland fehlenden Umsatz durch vermehrte Aufträge aus dem Auslande zu ersetzen, wurden durch die Wirtschaftskrisis, welche sich allmählich über die ganze Welt ausgedehnt hat, vereitelt. Der Umsatz, der im Vorjahre rd. 116 Mill RM betrug, hat sich im laufenden Geschäftsjahr um 35 % verringert. Diese Einengung des Geschäfts, die Senkung des Wertes der Warenvorräte, die mit den politischen Störungen in Südamerika verbundenen Risiken, insbesondere aber die im In- und Auslande stark gewichenen Preise beeinträchtigten den Abschluß. Der Absatzmangel hat den Konkurrenzkampf bedeutend verschärft und hierdurch die Aufwendungen für Werbung gesteigert. Das Geschäft mußte in einer erheblich größeren Anzahl von Aufträgen — jedoch von beträchtlich geringerem Einzelwert — abgewickelt werden; infolgedessen konnte die Senkung der Verwaltungskosten nicht gleichen Schritt halten mit der Verminderung des Umsatzes. Trotzdem Absatzmangel und Konkurrenzkampf bei unveränderten Löhnen und Gehältern die Preise bereits stärker gesenkt hatten, als es der Verbilligung der Rohmaterialien entsprach, mußten wir in eine weitere Herabsetzung der Verkaufspreise einwilligen, um wenigstens einen Anfang des Lohnabbaues durchsetzen zu können. Die gesunkene Kaufkraft der Kundschaft gab vielfach Veranlassung, das Geschäft durch Ausrüstung der Angebote mit Finanzierungsvorschlägen zu beleben. Hier Schritt zu halten, bereitete uns Schwierigkeiten; dadurch entgingen uns wiederholt Aufträge, namentlich auf größere Objekte. Frühzeitig ergriffene energische Maßnahmen zum Zwecke der Verringerung der Fabrikations- und Handlungsunkosten, wie Zusammenlegung von Fabrikationsstätten und auswärtigen Büros, Vereinfachung der Betriebe und der Organisation konnten, obwohl dieselben in sehr weitgehendem Ausmaße durchgeführt wurden, die erwähnten für das Ergebnis ungünstigen Einflüsse nicht genügend ausgleichen. Im Berichtsjahre ist es deshalb nicht gelungen, das Geschäft gewinnbringend zu gestalten. Das neue Jahr hat noch keine Anzeichen für eine Besserung der Geschäftslage gebracht; man kann höchstens von einem Beharren in dem derzeitigen Tiefstand sprechen. Die weitere Gestaltung der Wirtschaftslage muß auch heute noch als unübersichtlich bezeichnet werden."

Die Z e n t r a l e n a b t e i l u n g hatte unter der rückläufigen Anschlußbewegung der öffentlichen Betriebe in Deutschland stark zu leiden und konnte eine beträchtliche Verringerung ihres Umsatzes gegenüber dem Vorjahr nicht vermeiden, trotzdem sie bei den in Deutschland zur Vergebung gekommenen größeren Objekten angemessen beteiligt war. Die T u r b i n e n a b t e i l u n g hatte weniger zu tun als 1929, weil namentlich das deutsche Geschäft erheblich nachließ und die Ablieferung eines 40 000 kVA-Turbosatzes auf Wunsch des Kunden in das nächste Geschäftsjahr verschoben werden mußte. Für die T r a n s f o r m a t o r e n a b t e i l u n g wirkte sich der Mangel an Neuanschlüssen im Geschäft für kleinere und mittlere Leistungen ungünstig aus. Weitere Aufträge auf selbstkühlende Spezialausführungen von Großtransformatoren wurden erteilt. Die Mitarbeit an der Aufgabe der Spannungsregelung in den großen Verteilungsnetzen hat der Gesellschaft infolge des fortschreitenden Zusammenschlusses der Netze und der gesteigerten Forderungen der Verbraucher auch im Berichtsjahr Beschäftigung gebracht. Der A p p a r a t e b a u konnte für die neu aufgenommenen, der Berichterstatterin geschützten Druckluftantriebe Nachfrage verzeichnen. Die A b t e i l u n g f ü r S c h a l t a n l a g e n wies beinahe den gleichen Umsatz wie im Vorjahr auf, dagegen litt der Umsatz mit der B e r g b a u - u n d H ü t t e n i n d u s t r i e unter der außerordentlichen Zurückhaltung dieser bei Bestellungen. Der Bericht erwähnt hier u. a. die Entwicklung von Walzwerken mit besonderem Antrieb für jedes Walzenpaar. Im Geschäft der a l l g e m e i n e n I n d u s t r i e a b t e i l u n g mit Kranausrüstungen und Transportanlagen machte sich die Einschränkung der Reparationslieferungen bemerkbar. Ein guter Erfolg wurde auf dem Gebiet der elektrischen Ausrüstungen für Schleusen erzielt, während das Geschäft im Antrieb von Druckereimaschinen trotz Weiterentwicklung der Spezialausführungen nicht befriedigte. Neukonstruktionen für eine Reihe von Sonderantrieben in der Textilindustrie eröffnen günstige Aussichten für die Zukunft. Für die Zucker- und Nahrungsmittelindustrie hat die Gesellschaft polumschaltbare Motoren zum Antrieb von Zentrifugen herausgebracht, die größere Bestellungen erwarten lassen. Der Umsatz der B a h n e n a b t e i l u n g ist wesentlich zurückgegangen. Die Vollbahnenabteilung erhielt zwei Güterzuglokomotiven von der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft in Auftrag sowie einen verhältnismäßig großen Anteil an den vergebenen elektrischen Heiz- und Beleuchtungsausrüstungen für D-Züge und Postwagen. Zur Weltkraftkonferenz hat die Berichterstatterin eine Versuchslokomotive vorgeführt, die z. Z. auf den Strecken der deutschen Reichsbahn läuft und nach Angabe des Vorstandes sehr günstige Ergebnisse aufweist. Der Fahrleitungsabteilung fehlten nennenswerte Bestellungen auf Neubaustrecken, ebenso der Bahnabteilung der Österreichischen Bergmann-Elektricitäts-Gesellschaft m. b. H., Wien. Die Kleinbahnenabteilung war einigermaßen beschäftigt. Besondere Beachtung fanden die neuen für den Leichtgewichtszug der Berliner Verkehrs-Gesellschaft gelieferten automatischen Motorsteuerungen. Die erhöhten Sicherheitsforderungen der Bergbaubehörde haben Bergmann zur Entwicklung neuer Lokomotivkonstruktionen in schlagwettersicherer Ausführung veranlaßt. Guten Absatz verspricht ein neues System für Rückgewinnung von Bremsenergie während der Talfahrt und beim Stillsetzen von Straßenbahnfahrzeugen. Ein von der Stromschienenabteilung entwickelter Lasttrennschalter für Stromschienenanlagen wurde in größerer Anzahl an die Reichsbahn und die Berliner Untergrundbahn geliefert. Der G l e i c h r i c h t e r b a u hat wertvolle weitere Entwicklungsarbeit geleistet. Das Geschäft in L a s t k r a f t w a g e n ergab den gleichen Umsatz wie 1929. Nicht befriedigend beschäftigt war das K a b e l w e r k, weil in Starkstromkabeln der Inlandmarkt durch die außerordentliche Zurückhaltung der öffentlichen Betriebe sehr stark beeinträchtigt wurde und ausreichender Ersatz aus dem Ausland sich nicht beibringen ließ. Das Ende 1929 gelieferte 60 kV-Dreileiterkabel ist dauernd einwandfrei in Betrieb; eine weitere Strecke für dieselbe Spannung wurde verlegt. Die außerordentlich unsteten Verhältnisse auf dem Kupfermarkt erzeugten bei der Kundschaft des M e t a l l w e r k s eine große Unsicherheit und Selbstbeschränkung. Da die neuen Drehstrommotoren allgemein Anklang fanden und die günstigen Anlaufverhältnisse der Kurzschlußankermotoren dazu beitrugen, den Umsatz auf diesem Spezialfeld nennenswert zu steigern, war der Rückgang im M a s c h i n e n g e s c h ä f t nicht so erheblich wie auf anderen Gebieten. Die Abteilung für I n s t a l l a t i o n s m a t e r i a l konnte die Verringerung ihres Umsatzes auf das konjunkturmäßige Ausmaß beschränken; der Verkauf von isolierten Leitungen hat sich bei knapp auskömmlichen Preisen nicht ungünstig gestaltet. Der Umsatz der L a m p e n a b t e i l u n g ist gesunken, der der Abteilung für E l e k t r o w ä r m e g e r ä t e etwas gestiegen; im Geschäft mit Heißwasserspeichern sowie Elektroherden erwartet die Gesellschaft auf Grund der von ihr geleisteten Vorarbeiten angemessene Beteiligung. Im inländischen Z ä h l e r g e s c h ä f t war die Zurückhaltung der Kundschaft und die Auswirkung ihrer Sparmaßnahmen deutlich fühlbar, im Ausland die Absatzmöglichkeit durch den stärker hervortretenden Wettbewerb beeinträchtigt. Als nicht befriedigend wird der Umsatz in M e ß i n s t r u m e n t e n bezeichnet. Wenn der A u s l a n d a b s a t z nicht auf der Vorjahrshöhe gehalten werden konnte, so war dies in der Hauptsache die Auswirkung des Entschlusses der Gesellschaft, im Ausland nur noch reine Lieferungsgeschäfte in eigenen Erzeugnissen abzuwickeln. Geschäftsgewinn: 5 243 909 RM (11 264 105 i. V.), Verlust: 979 328 RM (i. V. Reingewinn 4 480 672 RM, 9 % Dividende auf 44 Mill RM Aktienkapital); er wurde vorgetragen.

In der GV. (29. VI.) teilte die Leitung u. a. mit, daß die AEG und die SSW ihren schon beträchtlichen Aktienbesitz noch erheblich vergrößert hätten. Die Zusammenarbeit mit diesen beiden Gesellschaften werde an der von der Verwaltung bisher verfolgten Methode jedoch nichts ändern, und man werde fortfahren, die unrentablen Geschäftszweige stillzulegen, sowie versuchen, unter Aufnahme anderer Fabrikationszweige den Betrieb wieder rentabel zu gestalten. Das Geschäft in Südamerika, wo recht schwere Verluste entstanden seien, wolle Bergmann aufgeben und dort nur reine Handelsgeschäfte durch Normalvertretungen betreiben. In den Aufsichtsrat wurden Generaldirektor Dr. J. H i s s i n k und als Vertreter der beiden Großaktionäre Dr. H. P e i e r l s gewählt.

[1] Vgl. ETZ 1930, S. 660.

Abschluß des Heftes: 18. Juli 1931.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 16 750 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Z e h m e in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

ETZ

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

INHALT

31. HEFT · 52. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9
(985—1016) 30. JULI 1931

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

52. Jahrgang | Berlin, 30. Juli 1931 | Heft 31

Hochfrequenz-Meßgeräte*.

(Mitteilung aus dem Zentrallaboratorium des Wernerwerkes der Siemens & Halske AG.)

Von **Andreas Jaumann**, Berlin.

Übersicht. Bei der Entwicklung der im folgenden beschriebenen Hochfrequenz-Meßgeräte war der Grundsatz maßgebend, bewährte Verfahren der Niederfrequenztechnik für das Hochfrequenzgebiet zu übernehmen. Unter diesem Gesichtspunkt wird eine Reihe von Geräten beschrieben und gezeigt, welche die wichtigsten HF-Messungen auszuführen gestatten. Dies sind vor allem Spannungsmessungen, Dämpfungs- bzw. Verstärkungsmessungen und Scheinwiderstandsmessungen. Im Anschluß hieran wird die Zusammenstellung einzelner Geräte zu vollständigen Meßplätzen behandelt.

1. Einleitung.

Das gesamte Fernmeldewesen hat im letzten Jahrzehnt durch die Anwendung der Elektronenröhre, die ganz neue Voraussetzungen für die Weiterentwicklung schuf, einen gewaltigen Aufschwung genommen. Dieser Entwicklungsabschnitt ist für die Technik des hörbaren Frequenzbereiches gegenwärtig in großen Zügen zum Abschluß gelangt; denn neben der Beherrschung des bekannten Tatsachenmaterials durch eine weitausgebildete Theorie, die Voraussetzung jeder systematischen Entwicklung ist, gelang in den meisten Fällen auch die Verwirklichung der theoretischen Forderungen für günstige Niederfrequenzschaltungen.

Abb. 1. Schaltbild des Meßsenders.

Demgegenüber hat die Hochfrequenztechnik noch keineswegs jenen Grad der Vollkommenheit und der Beherrschung des gegebenen Tatsachenmaterials erreicht, obwohl die Theorie der für Tonfrequenz verwendeten Schaltungen natürlich auch im Hochfrequenzgebiet ihre prinzipielle Gültigkeit behält. Der Grund für die zweifellos langsamere Entwicklung der Hochfrequenztechnik ist natürlich in den Schwierigkeiten zu suchen, die einfachen theoretischen Voraussetzungen für günstige Schaltungen praktisch zu verwirklichen. Störeinflüsse, die im Tonfrequenzgebiet vielfach vernachlässigt werden können, z. B. der Einfluß schädlicher Kapazitäten, wachsen bei Hochfrequenz um Größenordnungen, auch die Materialeigenschaften sind im allgemeinen ungünstiger. Ein so einfaches Schaltelement wie z. B. ein Transformator mit breitem Übertragungsbereich, dessen Anwendung im tonfrequenten Fernmeldewesen ganz allgemein und dessen Ausführung beinahe eine Selbstverständlichkeit geworden ist, bereitet im Hochfrequenzgebiet, wie wir noch sehen werden, schon große Schwierigkeiten und ist bisher für den Bereich der Rundfunkwellen oder gar der Kurzwellen nicht ausgeführt worden.

Abb. 2. Meßsender 100...1700 kHz.

Die Problemstellungen der Hochfrequenztechnik sind freilich vielfach andere als die des tonfrequenten Fernmeldewesens — die gleichzeitige Übertragung von Frequenzbändern großer relativer Breite spielt hier nicht jene hervorragende Rolle —; trotzdem kann vielfach ein wesentlicher Fortschritt erzielt werden, wenn es gelingt, die Ergebnisse der aus den erwähnten Gründen weiter fortgeschrittenen Tonfrequenztechnik im verwandten Gebiet der Hochfrequenz nutzbar zu machen.

---

* Nach einem Vortrag, gehalten im Elektrotechnischen Verein am 21. V. 1931. Besprechung auf S. 1013 dieses Heftes.

Jede Entwicklung wird durch die Anwendung von Meßgeräten in entscheidender Weise beeinflußt und über den Zustand roher Empirie gehoben. Auch von diesem Gesichtspunkt betrachtet, zeigt sich das tonfrequente Fernmeldewesen in einem weiter fortgeschrittenen Entwicklungsstadium als die Hochfrequenztechnik. Denn bis in die jüngste Zeit blieben die auf dem Markt befindlichen Hochfrequenz-Meßgeräte auf Wellenmesser und Strommesser beschränkt; für weitergehende Messungen aber, insbesondere Scheinwiderstands- und Spannungsmessungen, waren die Interessenten auf die Literatur über entsprechende Schaltungen angewiesen. In neuester Zeit erscheinen neben den erwähnten noch einzelne weitere Geräte, insbesondere Spannungsmesser in Form des Röhrenvoltmeters oder als Braunsche Röhre, auf dem Markt; auch ein Feldstärke-Meßgerät von M. von Ardenne mag hier erwähnt werden. Die Zahl der Geräte ist aber auch heute nicht groß und ihre Auswahl mehr zufällig als systematisch.

Abb. 3. Hochfrequenztransformator.

Bereichen umgeschaltet werden kann, und einer neutralisierten Endstufe. Auf die Anwendung von Zwischenkreisen zur Verminderung der Oberwellen wurde zugunsten der einfachen Bedienbarkeit des Senders verzichtet. Es wird vielmehr bei Brückenmessungen neben dem Sender ein Stromreiniger, eine Hochfrequenz-Spulenleitung, angewendet, von der wir später sprechen wollen. Die Ausstrahlung von Störenergie wird durch doppelte Panzerung und sorgfältige Blockierung der Batteriezuleitungen unterbunden. Eine eingebaute Modulationseinrichtung gestattet die geradlinige Modulation bis 80 %. Für die Zwecke eines Meßsenders eignet sich besonders die hier verwendete Heising- oder Anodenspannungsmodulation. Der Netzanschlußteil für das Modulationsrohr, der gleichzeitig die Anodenspannung der Schwing- und der Endröhre erzeugt, ist mit eingebaut, während die Heizung für die beiden Hochfrequenzröhren Batterien entnommen wird, um die notwendige Geräuschfreiheit des Senders zu erreichen. Abb. 2 zeigt die Ausführung des Meßsenders. Neben der Hauptabstimmung ist links noch eine Feinabstimmung vorgesehen, die durch Verdrehen des Stators des verwendeten Frequenzdrehkondensators erfolgt. Es wird dadurch möglich, die Hochfrequenz in eichbarer Weise um wenige hundert Hertz zu verstimmen, wie dies bei Aufnahme von Resonanzkurven erforderlich ist. Die Regelung der Hochfrequenzenergie wird durch Änderung der Anodenspannung der Schwingröhre mit Hilfe eines Potentiometers bewirkt. Der Sender gibt eine Maximalleistung von 4 W und eine mittlere Telephonieleistung von 1 W ab.

Abb. 4. Dämpfung und Scheinwiderstand eines HF-Transformators.

Abb. 5. Betriebschaltung eines HF-Transformators.

Abb. 6. Schaltbild und Dämpfung des Stromreinigers.

Siemens & Halske hat sich die Aufgabe gestellt, die hier vorhandene Lücke auszufüllen und eine Reihe von Hochfrequenz-Meßgeräten zu schaffen, über die hier berichtet werden soll. Auf Grund der Erfahrungen mit Tonfrequenzschaltungen und im Anschluß an die Entwicklung zahlreicher Tonfrequenz-Meßgeräte konnten wir an die Aufgabe in dem Sinne unserer einleitenden Bemerkungen herantreten. Man wird also überall das Bestreben finden, neben speziellen für Hochfrequenz besonders geeigneten Schaltungen die bewährten Verfahren der Niederfrequenztechnik für das Hochfrequenzgebiet zu übernehmen.

Die Meßgeräte, von denen im folgenden die Rede sein soll, gestatten Messungen im Frequenzgebiet 100 ... 1500 kHz, also im Bereich der Rundfunkwellen 3000 ... 200 m.

2. Erzeugung von HF-Energie für Meßzwecke.

Zur Erzeugung der für den Betrieb vieler Meßgeräte erforderlichen Hochfrequenzenergie dient ein Meßsender. Die Grundsätze für die Entwicklung eines solchen Meßsenders sind natürlich andere als etwa die für den Bau eines Rundfunksenders. Zunächst muß die Änderung der Wellenlänge im ganzen Frequenzgebiet leicht und genau durchführbar sein; dabei muß die abgegebene Energie annähernd konstant bleiben. Bei unter Umständen stark schwankender Belastung des Senders darf sich ferner die Wellenlänge nicht ändern, denn z. B. bei Aufnahme von Resonanz- oder Dämpfungskurven sind schon Änderungen der Hochfrequenz um nur 100 Hz unzulässig. Die abgegebene Hochfrequenzenergie muß oberwellenarm sein; das Auftreten von Oberwellen ist besonders bei Brückenmessungen äußerst störend. Der Sender darf schließlich bei überbrücktem Ausgang nicht strahlen, muß also sehr gut abgeschirmt sein. Das Prinzipschaltbild eines solchen Meßsenders zeigt Abb. 1. Der Sender besteht aus einem induktiv rückgekoppelten Schwingkreis, dessen Spule in drei

Diese Leistung reicht bei richtiger Anpassung zum Betriebe aller Meßgeräte aus. Wird nun z. B. in einer Brückenschaltung eine Spule von 5 Ω Verlustwiderstand gemessen, so tritt dabei das Problem an uns heran, den Ausgang des Senders, dessen Endröhre einen inneren Widerstand von etwa 2000 Ω aufweist, an 5 Ω anzupassen. Die Lösung dieses Problems, das auch an vielen anderen Stellen von Bedeutung ist, ist uns in einfacher und eleganter Weise gelungen durch die Entwicklung von Hochfrequenzleistungsübertragern, die das gesamte Frequenzband von 100 ... 1500 kHz gleichmäßig mit gutem Wirkungsgrad übertragen. Schon zu Beginn unserer diesbezüglichen Untersuchungen zeigte es sich, daß die Aufgabe des Baues solcher Übertrager mit Luftspulen nicht lösbar ist, und daß die Verwendung von Eisenkernen erforderlich wird. Auf Grund längerer Versuche fanden wir ein Kernmaterial, das sich für den genannten Zweck bestens geeignet erwies. Es besitzt in der verwendeten Form eine wirksame Permeabilität für Hochfrequenz von $\mu = 13$, die übrigens mit der niederfrequenten Permeabilität genau übereinstimmt. Die Verluste der Eisenspulen sind dabei auch bei 1500 kHz nur wenig größer als die entsprechender Luftspulen. Interessant ist ferner, daß die Eigenschaften dieses Kernmaterials bei Tonfrequenz nicht gleichzeitig die besten sind und daß man hier Materialien mit günstigeren Eigenschaften kennt.

Abb. 3 zeigt den prinzipiellen Aufbau und die Ausführung eines solchen Hochfrequenztransformators. In Abb. 4 sind der Dämpfungsverlauf und der Verlauf des Scheinwiderstandes eines Transformators für einen Übertragungsbereich von 150 ... 1500 kHz dargestellt; man erkennt, daß die Betriebsdämpfung im Übertragungsbereich kleiner als 0,05 Neper bleibt.

Innerhalb der Grenzwerte von etwa 4000 ... 3000 Ω und 6 ... 8 Ω für die Abschlußwiderstände können beliebige Übersetzungsverhältnisse mit gleich gutem Wirkungsgrad

hergestellt werden. Die Grenzen dieser Widerstandswerte sind einerseits durch die Größe der Röhrenkapazität, wenn es sich um eine Röhre als Generator handelt, anderseits durch die unvermeidliche Induktivität der Zuleitungen gegeben. In Abb. 5 ist z. B. die Wirkung eines Hochfrequenztransformators in der Betriebschaltung gezeigt.

Im Ausgang des Meßsenders (Abb. 1) wurde bereits ein solcher Übertrager angewendet, welcher den Röhrenwiderstand von 2000 Ω auf den zweckmäßigen Normalwert von 600 Ω heruntertransformiert. Im Anschluß an diesen Ausgang kann insbesondere für Brückenmessungen ein Stromreiniger verwendet werden, der als dreigliedrige Spulenleitung ausgeführt wurde. Das Frequenzgebiet von 100 ... 1500 kHz wird dabei in 8 Stufen überbrückt. Abb. 6 zeigt das Prinzipschaltbild und die Dämpfungskurve des Hochfrequenz-Stromreinigers. Man erhält auf diese Weise im ungünstigsten Falle noch eine Oberwellendämpfung von 4 Neper. Sämtliche acht Spulenleitungen besitzen einen Wellenwiderstand von 600 Ω.

Abb. 7. Hochfrequenz-Stromreiniger.

Die praktische Ausführung des Stromreinigers zeigt Abb. 7. Für Brückenmessungen schließt sich an den Stromreiniger ein Satz von Hochfrequenztransformatoren an, die eingangseitig einen Wellenwiderstand von 600 Ω, ausgangseitig jedoch die verschiedensten Werte im Bereich 12 bis 3200 Ω, in geometrischer Reihe geordnet, besitzen. Auf diese Weise erreicht man stets eine günstige Anpassung der Brücke bei Messung der verschiedensten Scheinwiderstandswerte. Den schematischen Aufbau eines solchen Meßplatzes zeigt Abb. 8.

Stromreiniger
Meßbrücke
Meßsender
Übertragersatz

Abb. 8. Scheinwiderstands-Meßplatz.

3. Messung von Hochfrequenzspannungen.

Wir wollen uns nun der Messung von Hochfrequenzspannungen oder -strömen zuwenden. Wenn das Meßinstrument eine Leistung von einigen Hundertstel Watt aufnehmen darf, so lassen sich diese Messungen in einfacher und genauer Weise mit Hilfe von Hitzdrahtinstrumenten oder Thermogalvanometern ausführen; hierüber wollen wir nicht sprechen. Es handelt sich für uns hier vielmehr um die Messung sehr kleiner Hochfrequenzleistungen, und hierfür eignet sich nur ein Röhrenvoltmeter mit hohem Eingangs-Scheinwiderstand. Bei der Entwicklung eines solchen Instrumentes muß man sich darüber klar werden, ob man nur eine rein sinusförmige Hochfrequenzspannung messen will oder aber Spannungen beliebiger Kurvenform. In letzterem Falle, der für uns vorlag, da wir insbesondere auch an die Messung von Störspannungen elektrischer Geräte dachten, ist es erforderlich, daß die Kennlinie des Gerätes nach Möglichkeit quadratisch verläuft. Nur in diesem Falle mißt man den richtigen Effektivwert der Spannung, während man bei beliebiger Kennlinie einen unerwünschten Integralwert erhält. Der quadratische Verlauf der Eichkurve bei Messung mit reiner Sinusspannung ist nämlich gleichzeitig ein Beweis dafür, daß man auf einem genau parabelförmigen Stück der Röhrenkennlinie arbeitet. Diese Bedingung läßt sich nur durch geeignete Auswahl der Röhre und des Arbeitspunktes erfüllen. Abb. 9 zeigt das Prinzipschaltbild und die Kennlinie eines solchen Röhrenvoltmeters. Es wurde eine Kompensationsschaltung in Form einer Brücke verwendet. Man erreicht dadurch eine ruhige Nulleinstellung des Gerätes unabhängig von Heiz- und Anodenspannungschwankungen. Abb. 10 zeigt die praktische Ausführung des Gerätes. Der Eingang des Röhrenvoltmeters ist möglichst kapazitätsarm ausgeführt; er ist dabei für Gleichspannungen durch einen Kondensator blockiert. Dies bewirkt zwar eine gewisse Erhöhung der Eingangskapazität, die 11 μμF beträgt, schien aber wegen der Häufigkeit der Anwendungsfälle, bei denen man nur die Wechselkomponente einer Gleichspannung messen will, erforderlich. Mit Hilfe eines Potentiometers kann der Nullpunkt des Gerätes genau eingestellt werden.

α
150
120
90
60
30
0
0,2 0,4 0,6 0,8 1,0 1,2 1,4 1,6 1,8 2,0 2,2 2,4 2,6 V
$E_g = f(\alpha)$
$E_g = f(\sqrt{\alpha})$

Abb. 9. Schaltbild und Kennlinie des Röhrenvoltmeters.

Wie die in Abb. 9 dargestellte Kennlinie zeigt, erstreckt sich der Meßbereich des Instrumentes von 0,4 bis 2,8 V. Größere Spannungen können leicht mit Hilfe eines hochohmigen Spannungsteilers gemessen werden. Uns interessiert hier aber vor allem die Messung kleinster Hochfrequenzspannungen bis etwa 10^{-5} V, die häufig, z. B. bei Feldstärkenmessungen, bei der Messung von Störspannungen entstörter Maschinen oder bei Dämpfungsmessungen, eine Rolle spielt. Für diesen Zweck wird die Anwendung eines Hochfrequenzverstärkers erforderlich.

Abb. 10. Hochfrequenz-Röhrenvoltmeter.

Ein abgestimmter, selektiver Verstärker nach dem Prinzip eines Rundfunkempfängers scheint für Messungen weniger geeignet. Denn einerseits läßt sich im ganzen Frequenzgebiet von 100 ... 1500 kHz wegen des veränderlichen Dekrementes der Spulen eine konstante Verstärkung kaum erreichen, anderseits bewirkt die Forderung der Einknopfbedienung, die allein einen definierten Verstärkungsgrad des Gerätes gewährleistet, einen teueren Aufbau; auch insofern ist das Anwendungsgebiet eines solchen Verstärkers beschränkt, als man die resultierende Spannung breiter Hochfrequenzbänder nicht messen kann.

Als Meßverstärker eignet sich nur ein aperiodischer Hochfrequenzverstärker mit konstanter Verstärkung im Bereich 100 ... 1500 kHz, wie dies schon M. v. Ardenne erkannt und verwertet hat. Grundsätzlich stehen für den Bau eines solchen mehrstufigen Verstärkers zwei Wege offen, die Widerstands- und die Transformatorenkopplung der Röhren. Den ersten Weg hat M. v. Ardenne beschritten. Die Loewe-Hochfrequenz-Mehrfachröhre enthält zwei über Widerstandselemente gekoppelte Systeme. Wie aus zahlreichen Veröffentlichungen über diesen Gegenstand hervorgeht[1], weisen diese Röhren jedoch eine nicht unbedeutende Frequenzabhängigkeit des Verstärkungsgrades im

[1] M. v. Ardenne, ETZ 1929, S. 1617; El. Nachr.-Techn. Bd. 7, S. 434 (1930) u. a.

Gebiet der Wellen unter 1000 m auf, die sich bei Kaskadenschaltung mehrerer solcher Röhren noch erhöht.

Wir versuchten daher zunächst den zweiten Weg, nämlich die Transformatorkopplung der Röhren, zu beschreiten und verwendeten dabei die für diesen Zweck günstigste Telefunkenröhre RE 904. Dieser Weg führte nicht zum Ziel. Auf die Gründe des Mißerfolges können wir hier wegen der Kürze der Zeit nicht näher eingehen und wollen nur zwei charakteristische Kurven solcher Verstärker zeigen, die natürlich alles weniger als ideal sind (Abb. 11 und 12). Stets treten ausgeprägte Resonanzspitzen der Übertragungschaltung auf.

Auf Grund längerer Untersuchungen fanden wir eine Kopplungsschaltung, die sich in der Folge sehr gut bewährte. Das Prinzip der Schaltung, einer Kombination der reinen Widerstands- und der reinen Transformatorkopplung, wird in Abb. 13 gezeigt. Mit dieser Schaltung, die sämtliche Elemente beider Kopplungsarten enthält, läßt sich eine im ganzen Frequenzbereich nahezu konstante Verstärkung erreichen. In Abb. 14 sind die Verstärkungskurven des Gerätes bei ein- bis vierstufiger Verstärkung dargestellt. Dabei wird eine Verstärkung von maximal 9,7 Neper (16 000fach) erreicht bei Schwankungen, die kleiner sind als 0,1 Neper. Ein besonderer Vorteil der Schaltung besteht auch darin, daß infolge der Verwendung von Widerstandselementen die Schwingneigung sehr gering ist und die Anwendung einer Neutralisation überflüssig wird. Die hier dargestellten Kurven sind keineswegs als Optimum dessen zu betrachten, was diese Schaltung zu leisten vermag, sondern zeigen jenen Grad der Ebenung der Verstärkungskurve, der sich ohne besondere Mühe beim Abgleich der Schaltelemente erreichen läßt. Erfolgt die Abstimmung des Kopplungsnetzwerkes mit großer Sorgfalt, so wird eine praktisch ideale Geradlinigkeit erhalten. Allerdings ist es dann notwendig, ausgesuchte, in ihren Kennwerten genau übereinstimmende Röhren zu verwenden.

Spannungsverstärkung Neper; 3,0; 2,0; 1,0; 2000 1000 500 200 100 kHz f; 100 300 500 1000 3000 m λ

Abb. 11. HF-Verstärker mit Transformatorkopplung (Luftspulen).

Spannungsverstärkung Neper; 3,0; 2,0; 1,0; 2000 1000 500 200 100 kHz f; 100 300 500 1000 3000 m λ

Abb. 12. HF-Verstärker mit Transformatorkopplung (Eisenspulen).

Eing. Ausg.

Abb. 13. Schaltbild des aperiodischen HF-Verstärkers.

Spannungsverstärkung Neper; 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1; 4 Röhren-Vst.; 3 Röhren-Vst.; 2 Röhren-Vst.; 1 Röhren-Vst.; 2000 1000 500 200 100 kHz f; 100 300 500 1000 3000 m λ Wellenlänge

Abb. 14. Verstärkungskurven des aperiodischen HF-Verstärkers.

Die praktische Ausführung des Hochfrequenzverstärkers zeigt Abb. 15; sie ist so durchgeführt, daß das Gerät unmittelbar als Vorsatzstufe zum Röhrenvoltmeter verwendet werden kann. Die Regelung der Verstärkung erfolgt durch Abschalten der einzelnen Verstärkerstufen und außerdem durch einen umschaltbaren Spannungsteiler 1 : 3,5. Man ist dadurch in der Lage, Hochfrequenzspannungen im Bereiche von 2,8 V ... 20 µV absolut zu messen. Für Zwecke, bei denen die selektive Messung eines engen Frequenzbandes erforderlich ist, erweist sich die Kombination des Verstärkers mit einem Bandfilter zweckmäßig, worauf wir noch zurückkommen werden. Im Anschluß an diese absoluten Meßverfahren wollen wir hier noch kurz das Problem der Herstellung definierter kleinster HF-Spannungen, also das Spannungsteilerproblem, streifen.

In vielen Fällen, z. B. bei der Aufnahme der Dämpfungskurve eines Bandfilters, wird die absolute Messung der Spannung zweckmäßig durch einen Vergleich der unbekannten mit einer ebenso großen bekannten HF-Spannung ersetzt. Ein solches Verfahren hat den Vorteil, daß keine so hohen Anforderungen an die Gleichmäßigkeit des Verstärkungsgrades des Anzeigegerätes gestellt werden müssen. Aber auch bei der Eichung von HF-Verstärkern ist das Spannungsteilerproblem von Wichtigkeit.

Angaben über solche HF-Spannungsteiler, die erst bei Teilerverhältnissen über etwa 1 : 1000 interessieren, finden wir in der Literatur mehrfach. In einer Veröffentlichung von Schlesinger[2] wird z. B. ein kapazitiver Spannungsteiler mit veränderlichem Teilerverhältnis bis 1 : 15 000 beschrieben; auch in einer Veröffentlichung von Troeltsch[3] ist ein induktiver Spannungsteiler mit einem Variationsbereich 1 : 500 000 als Teil einer Meßeinrichtung für Rundfunkempfänger behandelt.

Abb. 15. Aperiodischer Hochfrequenzverstärker.

Alle diese Spannungsteiler weisen neben einer gewissen Belastungsabhängigkeit, die man aber durch sehr lose Kopplung beliebig klein halten kann, den Nachteil auf, daß entweder keine genaue Ablesung möglich ist, wenn der ganze Bereich auf einer Skala erscheint, oder aber bei Anwendung mehrfacher Unterteilung des Bereiches die Ablesung an Hand von Eichkurven etwas unbequem wird.

Diese Nachteile werden vermieden, wenn der Spannungsteiler nach Art der Niederfrequenz-Eichleitungen als T-Schaltung aufgebaut wird. Man hat hier die Möglichkeit, mehrere T-Glieder in Reihe zu schalten, ohne daß die Dämpfungswerte des einen Gliedes von der Einstellung der anderen beeinflußt werden, und kann so z. B. nach ganzen, zehntel oder hundertstel Neper unterteilen.

Bei Hochfrequenz werden an Stelle von Widerständen zweckmäßig Kondensatoren verwendet. Das T-Glied besitzt dann eine konstante Wellenkapazität, wenn dieser Ausdruck in Analogie zum Wellenwiderstand erlaubt ist.

[2] K. Schlesinger, Z. Hochfrequenztechnik Bd. 36, S. 190 (1930).
[3] F. Troeltsch, El. Nachr.-Techn. Bd. 8, S. 137 (1931).

Den Aufbau einer solchen Hochfrequenz-Eichleitung zeigt Abb. 16. Man sieht, daß die Stufen der ganzen Neper als Spannungsteiler in Form einer festen Eichleitung ausgeführt wurden, während die zehntel und hundertstel Neper als umschaltbare T-Glieder ausgebildet sind. Auf diese

Abb. 16. Schaltbild der HF-Eichleitung.

Weise ist es möglich, Dämpfungen von 0 ... 14 Neper (dies entspricht einem Verhältnis 1 : 10^6) in Stufen von 0,02 Neper unmittelbar abzulesen. Außerdem bleibt die „Scheinkapazität" des Spannungsteilers auf der Verbraucherseite für alle Dämpfungseinstellungen exakt konstant.

Abb. 17. Hochfrequenz-Eichleitung.

Die praktische Ausführung eines solchen Spannungsteilers zeigt Abb. 17. Eine Dämpfung von 14 Neper läßt sich natürlich nur bei sorgfältigster Abschirmung, insbesondere der Schalter, einwandfrei herstellen.

4. Scheinwiderstands-Messungen bei Hochfrequenz.

Eine der wichtigsten Voraussetzungen für den Bau von Hochfrequenzschaltungen ist die genaue Kenntnis der Eigenschaften der verwendeten Schaltelemente, also vor allem der Spulen und Kondensatoren. Der auch für Hochfrequenz gültige Kapazitätswert von Kondensatoren kann mit großer Genauigkeit mit Hilfe einer Tonfrequenz-Meßbrücke ermittelt werden, denn die Kondensatoren sind jene Schaltelemente, die dem theoretischen Ideal sehr nahe kommen; ihre Verluste und vor allem ihre innere Induktivität spielen auch bei Hochfrequenz eine untergeordnete Rolle. Das Bedürfnis einer Kapazitätsmessung mit Hochfrequenz besteht also im allgemeinen nicht.

Abb. 18. Schaltbild des Induktivitäts-Meßgerätes.

Abb. 19. Anodenstrom der Schwingröhre als Funktion des Kondensatordrehwinkels.

Anders liegen die Verhältnisse bei den Induktivitäten; die Eigenkapazität derselben muß, wenn es sich nicht um ganz kleine Werte unter 10 µH handelt, bei Hochfrequenz meist berücksichtigt werden. Häufig begnügt man sich freilich auch hier mit einer Messung bei Niederfrequenz. Wir wollen indes auf ein Gerät hinweisen, das die Induktivitätsmessung bei Hochfrequenz gestattet und dabei außerordentlich einfach aufgebaut ist. Abb. 18 zeigt das Prinzip dieses Gerätes. Es handelt sich um einen kristallgesteuerten Sender, dessen Anodenkreis die zu messende Spule und einen geeichten Kondensator enthält. Solange die Eigenfrequenz dieses Kreises unter der Kristallwelle liegt, kann eine Schwingung nicht zustande kommen; wird die Kapazität nun stetig verkleinert, so setzt die Schwingung plötzlich ein, sobald die Kristallwelle erreicht wird (vgl. Abb. 19). Aus der Größe der Kapazität im Einsatzpunkt der Schwingung läßt sich unter Berücksichtigung der Kristallwellenlänge die Größe der Induktivität einfach berechnen. Bei Verwendung mehrerer Kristalle kann die Messung für zwei oder mehr Frequenzen ausgeführt werden. Man ist dann in der Lage, auch die Eigenkapazität der Spule zu bestimmen. Die Methode ist anwendbar für Induktivitäten von etwa 3 mH ... 0,5 µH, also insbesondere auch für Kurzwellenspulen, die auf niederfrequentem Wege nur ungenau gemessen werden können.

Abb. 20. HF-Induktivitäts-Meßgerät.

Abb. 20 zeigt die praktische Ausführung eines solchen Gerätes für größere Induktivitäten, etwa im Bereich 30 µH bis 3 mH; es sind hier insgesamt 5 Kristalle verschiedener Wellenlänge vorgesehen, die wahlweise eingeschaltet werden können. Besonders bei längeren Wellen muß die Schaltung etwas modifiziert werden, um einen sicheren Schwingungseinsatz zu erzielen und Fehlmessungen durch Mehrwelligkeit der Kristalle zu vermeiden. Ein ähnliches Gerät wird für kleinere Induktivitäten bis 0,5 µH gebaut. Die Genauigkeit dieser Methode beträgt je nach den Verlusten der Spulen ein bis einige Prozent bei absoluten Messungen, bei Vergleichsmessungen ist sie dagegen wesentlich höher.

Für Verlustmessung an Kondensatoren bei Hochfrequenz eignet sich besonders ein Gerät, das auf folgender einfachen Substitutionsmethode beruht (Abb. 21). Ein Schwingungskreis, der den zu messenden Kondensator C_x als Kapazität enthält, wird zunächst durch eine Dynatronschaltung angeregt. Durch langsames Vermindern des Heizstromes des Dynatrons stellt man den Abreißpunkt der Schwingung ein. Nun wird der Kondensator C_x gegen einen verlustfreien Kondensator C_n gleicher Größe mit Bernsteinisolation ausgewechselt. Dabei setzt die Schwingung zunächst wieder ein. Schaltet man nun in Reihe mit dem Kondensator C_n einen regelbaren Widerstand und vergrößert denselben bis zum Abreißpunkt der Schwingung, so entspricht der erreichte Wert der Größe des Verlustwiderstandes von C_x. Das Einsetzen und Abreißen der Schwingung wird mit Hilfe eines geeichten Audions beobachtet, das auch die Einstellung des Kondensators C_n auf gleiche Größe mit C_x gestattet. Durch Auswechseln der Spule kann die Messung bei verschiedenen Frequenzen ausgeführt werden. Die Methode gestattet die Messung von Verlustwiderständen mit einer Genauigkeit von $\pm 0,1\,\Omega$. Die praktische Ausführung des Gerätes zeigt Abb. 22.

Abb. 21. Schaltbild des Kondensatorverlustmessers.

Die eben behandelten Anordnungen sind Spezialgeräte, deren Berechtigung vor allem auf der Einfachheit des angewendeten Meßprinzips beruht und die sich besonders für Serienmessungen eignen. Die Brückenanordnungen, die wir nun beschreiben wollen, sind dagegen Universalgeräte, die ganz allgemeine Scheinwiderstands-Messungen innerhalb weiter Frequenz- und Wertebereiche ermöglichen; es sind die Differentialbrücke und die Küpfmüller-Brücke.

Die Differentialbrücke gestattet die Messung der reellen und imaginären Komponente von Scheinwiderständen bei Frequenzen von 100 ... 1500 kHz; sie ist beson-

ders für Messungen an Spulen, Kondensatoren und Widerständen geeignet, die im Bereich von 1 ... 10 000 Ω gemessen werden können. Das Prinzip der Brücke ist in Abb. 23 dargestellt[4]. Das Meßobjekt R_x und das Vergleichsnormal R_n liegen in Brückenzweigen einerseits unmittelbar, anderseits über einen Differentialtransformator parallel geschaltet an der Stromquelle. Bei Gleichheit von R_x und R_n nach Betrag und Phase hebt sich die Wirkung der Ströme im Differentialübertrager auf und man erhält ein Spannungsminimum. Dieses Minimum ist um so schärfer, je kleiner Streuung und Ohmscher Widerstand der Differentialwicklung sind.

Abb. 22. HF-Kondensatorverlustmesser.

Auch beim Bau dieses Differentialübertragers bewährte sich die Anwendung eines Eisenkernes ausgezeichnet; es gelang dadurch, die Gesamtstreuung des Übertragers auf 4 ‰ herabzudrücken, so daß eine hohe Empfindlichkeit der Brücke erreicht wurde. Gleichzeitig erhält man eine exakte Übereinstimmung der Induktivitätswerte beider Wicklungen auf 0,5 ‰, so daß auch eine große Genauigkeit gewährleistet ist. Ein Vorteil dieser Anordnung ist, daß die gesamte Wicklung des Differentialübertragers im Falle des Abgleichs der Brücke Erdpotential aufweist, wodurch die Abschirmung der Brücke wesentlich vereinfacht wird. Als Anzeigeinstrument dient ein Röhrenvoltmeter in Brückenschaltung mit einer aperiodischen Vorstufe, das unmittelbar mit der Brücke zusammengebaut ist. Die Messung von Spulen erfolgt am besten in Reihenschaltung mit einem verlustfreien Kondensator und Abstimmung auf die Meßfrequenz. Das Vergleichsnormal bildet dann ein phasenarmer Widerstand, dessen praktische Ausführung wir später bei der Küpfmüller-Brücke sehen werden. Die endgültige Form dieser Brücke, die sich gegenwärtig im Bau befindet, kann aber noch nicht gezeigt werden.

Abb. 23. Schaltbild der Differentialbrücke.

Abb. 24. Schaltbild der Küpfmüller-Brücke.

Während bei den Messungen an der Differentialbrücke die Meßobjekte einpolig geerdet werden, gestattet die Küpfmüller-Brücke die Messung erdsymmetrischer Scheinwiderstände bei Hochfrequenz (100 ... 1500 kHz), also vor allem die Messung von Leitungswiderständen. Das Prinzip dieses Gerätes beruht auf einer zuerst von Thomas und Küpfmüller[5] angegebenen Brückenanordnung, bei der der Brückenarm des Meßobjektes durch einen Hilfswiderstand, in unserem Falle durch einen Kondensator, symmetrisch zur Erde gemacht wird. Die einwandfreie Ausführung dieses Prinzips wird jedoch durch den Umstand erschwert, daß im Falle der Erdsymmetrie des Meßobjekts der Brückenzweig unter Hochfrequenzpotential steht. Das Schema der Brücke ist in Abb. 24 dargestellt. Die Brückenarme werden durch die Kondensatoren C_1 und C_2 gebildet, während die Symmetrierung des Meßobjekts durch den Kondensator K erfolgt. Der störende Einfluß der Erdkapazitäten der Brückenteile wurde durch Anbringung mehrfacher elektrostatischer Schirme beseitigt. Die Wirkung dieser Schirme beruht darauf, daß die unvermeidlichen Kapazitäten der Brückenteile gegeneinander und gegen Erde in definierter Weise teils parallel zum Generator teils parallel zu den Kapazitäten der Brückenarme gelegt werden. Die Abschirmung der Brücke ist in Abb. 25 dargestellt. Auf Einzelheiten der Wirkungsweise können wir in diesem Rahmen nicht eingehen und verweisen diesbezüglich auf eine Veröffentlichung von Prof. Küpfmüller[6].

Abb. 25. Abschirmung der Küpfmüller-Brücke.

Die praktische Ausführung der Brücke zeigt Abb. 26. Man sieht in der Mitte den eigentlichen Brückenteil mit dem geschirmten und auswechselbaren Brückenübertrager, zu beiden Seiten die Kondensatornormalen und das Widerstandsnormal, das als phasenarmer Drahtwiderstand nach Hahnemann ausgeführt ist, und rechts den Empfänger. Der Empfänger besteht aus zwei abgestimmten Hochfrequenzstufen und einem rückgekoppelten Audion; die unmodulierte Meßfrequenz wird dabei durch Überlagerung hörbar gemacht. Das Zusammenschalten der Einzelteile der Brücke erfolgt durch geschirmte Zwischenstecker, die eine definierte Kapazität besitzen.

5. Hochfrequenz-Meßplätze.

Wir haben bisher eine große Anzahl von Einzelgeräten kennen gelernt und möchten zum Schluß noch auf die Zusammenstellung solcher Geräte zu Meßplätzen eingehen. Ein solches Beispiel des Scheinwiderstands-Meßplatzes, bestehend aus Meßsender, Stromreiniger, Anpassungsübertragersatz und Brücke, haben wir schon eingangs angeführt. Eine andere Anwendung einzelner beschriebener Geräte finden wir im Feldstärke- und Störspannungs-Meßplatz. Dieser besteht aus dem aperiodischen Hochfrequenzverstärker mit Röhrenvoltmeter und einem geeigneten Selektionsmittel, da man im allgemeinen die Antennen- oder Störspannungen selektiv messen will. Das ideale Selektionsmittel für diesen Zweck ist zweifellos das verstellbare Bandfilter.

Mit dem Namen Hochfrequenz-Bandfilter ist in letzter Zeit viel Mißbrauch getrieben worden, nur wenige der auf dem Markt befindlichen sog. Bandfilter verdienen diesen Namen wirklich. Wir verstehen unter einem Bandfilter einen Vierpol mit endlich begrenztem Durchlässigkeitsbereich, dessen Wellenwiderstand im größten Teil dieses Bereiches reell und annähernd konstant ist. Die letzte Bedingung ist deshalb wesentlich, weil bekanntlich nur bei angenäherter Anpassung des Generators und Verbrauchers an den Wellenwiderstand ein endlicher Übertragungsbereich praktisch auftritt. Auf eine solche Anpassung ist bei den bisherigen Hochfrequenz-Siebschaltungen meist gar keine Rücksicht genommen worden. Schon die Ausführung eines festeingestellten Bandfilters bereitet wegen der äußerst geringen relativen Lochbreiten, die im Hochfrequenzgebiet meist gewünscht werden (z. B. die Lochbreite $\Delta f = 10$ kHz bei einer Lochfrequenz $f = 1500$ kHz, also $\Delta f/f = 1/150$), einige Schwierigkeiten. Darüber hinaus mußten wir hier jedoch an die Aufgabe eines kontinuierlich verstellbaren Bandfilters herantreten. In diesem Falle ergeben sich die weiteren Forderungen, daß 1. die absolute Breite des Durchlässigkeitsbereiches, 2. die Größe des Wellenwiderstandes im ganzen Frequenzgebiet konstant bleiben sollen.

Alle diese Forderungen können nur erfüllt werden durch das mehrfache Brückenfilter, dessen Schaltbild

[4] Vgl. z. B. A. Hund, Jahrb. drahtl. Telegr. Bd. 10, S. 305 (1916).
[5] K. Küpfmüller u. P. Thomas, ETZ 1922, S. 461.
[6] K. Küpfmüller, El. Nachr.-Techn. Bd. 2, S. 263 (1925).

Abb. 27 darstellt. 4 Schwingungskreise sind über einen Differentialübertrager gekoppelt. Das Prinzip dieses Bandfilters beruht darauf, daß innerhalb eines endlichen Durchlaßbereiches die Ströme beider Zweige groß sind und annähernd entgegengesetzte Phase aufweisen, so daß die Differenz der Ströme, die im Verbraucher fließt, groß ist. Außerhalb dieses Bereiches werden die Ströme nicht nur klein, sondern auch gleichphasig, wodurch ein rasches Anwachsen der Dämpfung auftritt. Auf die Theorie dieser Filter können wir in diesem Rahmen nicht eingehen und verweisen diesbezüglich auf eine Veröffentlichung, die demnächst im Druck erscheinen wird; wichtig ist hier jedoch die Tatsache, daß bei Verschiebung des Durchlässigkeitsbereiches nur die Kapazitätswerte geändert werden müssen, während die Spulen unverändert bleiben, und daß dabei für den Fall einer konstanten absoluten Lochbreite des Bandfilters auch der Wellenwiderstand im ganzen Frequenzbereich konstant bleibt. Die konstante absolute Lochbreite erhält man einfach durch Verwendung sog. Frequenz-Drehkondensatoren, die eine solche Plattenform besitzen, daß die Frequenzänderung eines angeschlossenen Schwingungskreises proportional dem Drehwinkel ist. Durch Kupplung von vier solchen Drehkondensatoren auf gemeinsamer Achse und geringer Verdrehung der Rotorpakete gegeneinander kann die Aufgabe der konstanten absoluten Bandbreite des Filters einwandfrei gelöst werden. Die Anforderungen, die an die Genauigkeit solcher Drehkondensatoren gestellt werden müssen, sind allerdings sehr hoch. Wir erwähnen hier z. B., daß bei einer Kapazitätseinstellung von 50 $\mu\mu F$ eine Übereinstimmungsgenauigkeit der Kondensatoren auf mindestens 0,05 $\mu\mu F$, also auf 1‰ gefordert werden muß. In Abb. 28 ist die Dämpfungskurve eines festen Bandfilters dargestellt, welches auf die Welle von Königswusterhausen ($\lambda =$ 1635 m) abgestimmt wurde; die theoretische Lochbreite ist $\Delta f = 10$ kHz. Der Wellenwiderstand des Bandfilters beträgt wegen der geringen relativen Lochbreite nur wenige Ohm; deshalb schaltet man für selektive Spannungsmessungen an hohen Scheinwiderständen dem Filter zweckmäßig eine Röhre vor, die durch einen Hochfrequenzübertrager an das Filter angepaßt wird. Ebenso wird die Spannung hinter dem Filter im Verhältnis 1 : 15 hinauftransformiert, bevor man den aperiodischen Verstärker anschließt. Ein solcher Feldstärke- und Störspannungs-Meßplatz ist in Abb. 29 dargestellt.

Abb. 26. Küpfmüller-Brücke.

Abb. 27. Brückenfilter.

Abb. 28. Dämpfung eines HF-Bandfilters.

Abb. 29. Feldstärke- und Störspannungs-Meßplatz.

Schließlich möchten wir noch kurz auf einen Meßplatz hinweisen, der zur Messung der Hochfrequenz- und Gesamtverstärkung von Rundfunkgeräten in Abhängigkeit von der Frequenz, zur Aufnahme von Verstärkungs- und Trennschärfekurven und zur Messung des gesamten Klirrfaktors der Geräte dient (Abb. 30). Er besteht aus dem eingangs beschriebenen Meßsender, dem eigentlichen Meßgerät, dessen wichtigster Teil ein induktiver Spannungsteiler in vielfacher Schirmung zur meßbaren Variation der Antennenspannung des Gerätes in den Grenzen 0,5 V ... 1 µV ist, und einem Niederfrequenz-Röhrenvoltmeter zur Messung der Ausgangsspannung. An dessen Stelle kann auch bei der Ermittlung des Klirrfaktors von Rundfunkgeräten der Klirrdämpfungsmesser treten. Eine genaue Beschreibung dieses Meßplatzes, der zunächst nur für internen Bedarf bestimmt war, finden Sie in der schon erwähnten Veröffentlichung von Troeltsch, der auch die vorliegende Abbildung entnommen ist. Über sehr interessante Messungen an diesem Meßplatz hat Herr Obering. Clausing im Oktober vorigen Jahres in diesem Verein gesprochen[7].

Abb. 30. Rundfunkempfänger-Meßplatz.

Zum Schluß möchte ich noch bemerken, daß wir alle Geräte, über die ich heute berichtete und die Sie zum Teil in Lichtbildern gesehen haben, anläßlich der nächsten Funkausstellung im August 1931 auszustellen und zum Teil im Betrieb vorzuführen beabsichtigen.

[7] S. 999 dieses Heftes.

Die Verbund-Spitzenkrafterzeugung durch Pump- und Ruths-Speicherwerke.

Von **Hermann Schulze**, Auma.

Übersicht. Die Vergrößerung der arbeitsabhängigen Kosten mittels Pumpspeicherwerken erzeugter Spitzenkraft um den Wirkungsgrad dieser Werke weist darauf hin, zu deren Aufladung tunlichst Vorwärme-Abfallkraft von „Heizbetrieben" zu verwenden. Es wird deshalb vorgeschlagen, Pumpspeicherwerke in von Wärmekraftwerken versorgten Verbrauchsgebieten grundsätzlich in Verbindung mit Ruths-Speicherwerken zu betreiben. Die Richtlinien für diese Verbund-Spitzenkrafterzeugung werden dargelegt, die dadurch möglichen Ersparnisse gegenüber einfacher Spitzenkrafterzeugung nur durch Pumpspeicherwerk an Hand eines praktischen Zahlenbeispieles berechnet.

Unter den neuzeitlichen Betriebsmitteln großer Elektrizitätswerke zur wirtschaftlichen Erzeugung der elektrischen Spitzenkraft nehmen Pump- und Ruths-Speicherwerke eine besondere Stellung ein. Sie verbinden mit der Möglichkeit wirtschaftlicher Spitzendeckung zugleich die für große Netze besonders wertvollen Eigenschaften der Augenblicksreserve und Blindleistungserzeuger. Die bisher in Deutschland zur Ausführung gelangten Großanlagen[1] dieser Art beschränken sich innerhalb der betreffenden Netze fast ausnahmslos auf die eine oder andere dieser beiden Formen von Spitzenkraftquellen. Die folgerichtige Anwendung der neuzeitlichen Erkenntnisse über Spitzenkrafterzeugung[2] in Verbindung mit dem seit Anwendung des Höchstdruckbetriebes so berechtigten Bestreben nach Verwertung der Vorwärme-Abfallkraft aus Heizbetrieben für den öffentlichen Elektrizitätsverbrauch[3] erfordert jedoch, diese beiden Formen von Spitzenkraftquellen — die Möglichkeit der Errichtung von Pumpspeicherwerken zu wirtschaftlich berechtigten Kosten[4] vorausgesetzt — stets nebeneinander im Verbundbetrieb zu betreiben. Pumpspeicherwerke erfordern infolge ihres Wirkungsgrades von etwa 60 % das rd. 1,7fache der Spitzenentladearbeit an Ladeabfallarbeit, so daß dadurch die arbeitsabhängigen Kosten der Spitzenkraft wieder vermehrt ins Gewicht fallen. Die gewissermaßen als Heizbetriebe aufzufassenden Ruths-Speicherwerke bieten die Möglichkeit, diese Ladeabfallarbeit während der gemeinsamen Ladezeit in großem Maßstab mit kleinstem Aufwand an Wärme im Hochdruck-Vorschaltbetrieb zu erzeugen.

Abb. 1. Angenommener Fall eines Verbundbetriebes der Speicherwerke.

Der Nutzen dieser Verbund-Spitzenkrafterzeugung ist um so höher, je größer

1. die Wärmekosten des für das Verbrauchsgebiet der Spitzenkraft zur Verfügung stehenden Brennstoffes und
2. die aus Kraftquellen-Fahrlinie und -Einsatzzeiten[5] sowie Jahresleistungsdauerlinie des Verbrauchsgebietes sich ergebenden jährlichen Spitzenarbeitsmengen

sind.

Die den Spitzenkraftquellen im Verbundbetrieb zuzuordnende Spitzenbelastung N_{sp} ist auf Pump- und Ruths-Speicherwerk nach einem wirtschaftlichen Optimum aufzuteilen. Diese Aufteilung werde nachstehend durchgeführt für den z. B. nach Abb. 1 angenommenen Fall eines Verbundbetriebes zwischen abseits des Verbrauchsgebietes gelegenen Speicherwerken. Das Verbrauchsgebiet hat die in Abb. 2 dargestellten charakteristischen Verbrauchskurven; das Dampfkraftwerk für die Grundlast und das z. B. zufolge der Untersuchung in ETZ 1930, S. 1397, zu wirtschaftlich berechtigten Kosten abseits des Verbrauchsgebietes errichtete Pumpspeicherwerk arbeiten nach den Summenpreiskennlinien[6] der Abb. 3 und weisen als Grenzbenutzungsdauer für das Grunddampfkraftwerk t_{gr} = 900 h/Jahr aus. Die Jahresgrundarbeit A_g beträgt demzufolge 95,8 %, die Jahresspitzenarbeit A_{sp} oberhalb t_{gr} 4,2 % der Jahresgesamtarbeit A. Der Verbundbetrieb der Speicherwerke erfolgt über die Hochspannungskupplungsleitungen nach dem Verbrauchsgebiet.

Abb. 2. Tagesleistungsdauerlinie (a) am Tage der Höchstbelastung (Belastungskurve b) und Jahresleistungsdauerlinie (c) des Verbrauchsgebietes (t_{gr} Grenzbenutzungsdauer = 900 h/Jahr; Formelzeichen gem. Zahlentafel 1).

Um im Rahmen dieser Untersuchung zu nur grundsätzlich maßgebenden Richtlinien zu gelangen, auf die es ja zur Einführung in das Problem allein ankommt, sollen folgende Vereinfachungen getroffen werden. Die spezifischen leistungsabhängigen Kosten der Speicherwerke werden unbeschadet ihrer Abhängigkeit von der Vollast-Entladedauer der Speicherwerke als konstant angenommen. Besondere Nachrechnung auf die genauen, aus den resultierenden Preiskennlinien[7] entnehmbaren Werte ist nicht erforderlich, da sowohl beim Ruths- als auch beim Pumpspeicherwerk — im Gegensatz zum elektrischen Speicher — die spezifischen leistungsabhängigen Kosten in nur geringem Ausmaß[8] von der Vollast-Entladedauer abhängen. Die Verluste auf den die Speicherwerke über das Verbrauchsgebiet miteinander verbindenden Hochspannungsleitungen bleiben unberücksichtigt.

Abb. 3. Summenpreiskennlinien für die Niedervolt-Sammelschiene des Abspannwerkes im Verbrauchsgebiet. D Dampfkraftwerk, P Pumpspeicherwerk (result. Preiskennlinie)

Die Bedeutung der Formelzeichen erhellt aus Zahlentafel 1:

[1] Z. B. ETZ 1930, S. 733 (Herdecke), 1025 (Niederwartha).

[2] Vgl. insbes. E. Krohne, Die wirtschaftliche Erzeugung der elektrischen Spitzenkraft in Großstädten. Verlag J. Springer, Berlin 1929.

[3] Vgl. z. B. H. Schulze, ETZ 1930, S. 41; F. Marguerre, Bericht Nr. 384 auf der 2. Weltkraftkonferenz 1930. Gesamtbericht Bd. 4, S. 256.

[4] Vgl. R. Haas und C. Th. Kromer, ETZ 1928, S. 599; H. Schulze, ETZ 1930, S. 1397.

[5] Vgl. E. Krohne a. a. O. S. 31.

[6] Vgl. E. Krohne a. a. O. S. 50.

[7] desgl. S. 31.

[8] desgl. S. 32.

[9] Vgl. Z. VDI, Bd. 71 S. 1908 (1927).

[10] Vgl. Z. VDI, Bd. 74 S. 789 (1930).

[11] desgl. S. 750.

Zahlentafel 1.

Nr.	Begriff	Formelzeichen	Einheit	zu errechnen aus
1	Jahres-Gesamtarbeit des Verbrauchsgebietes	A	kWh	$A = A_g + A_{sp}$
2	Jahres-Grundarbeit des Verbrauchsgebietes	A_g	kWh	
3	Jahres-Spitzenarbeit des Verbrauchsgebietes	A_{sp}	kWh	$A_{sp} = A_{spR} + A_{spP}$
4	Jahres-Höchstbelastung des Verbrauchsgebietes	N	kW	$N = \frac{A}{t} = N_g + N_{sp}$
5	Jährliche Benutzungsdauer der Höchstleistung	t	h	$t = \frac{A}{N}$
6	Grundbelastung	N_g	kW	
7	Spitzenbelastung	N_{sp}	kW	$N_{sp} = N_{spR} + N_{spP}$
8	MD_{cond} = Mitteldruck-Kondensationsanlage			
9	Wärmeverbrauch der MD-Kondensationsanlage für 1 kWh	$W_{MD\,cond}$	kcal/kWh	$W^9_{MD\,cond} = 3224 + \frac{338.8760}{t}$
10	Spez. Dampfverbrauch d. MD-Kondensationsanlage für 1 kWh	$d_{MD\,cond}$	kg/kWh	
11	HD_{vorsch} = Hochdruck-Vorschaltanlage			
12	Wärmeverbrauch der HD-Vorschaltanlage für 1 kWh	$W_{HD\,vorsch}$	kcal/kWh	1050 kcal/kWh bei nachgeschalteter MD_{cond}-Anlage[10]; 1200 kcal/kWh bei nachgeschalteten Ruths-Behältern
13	Spez. Dampfverbrauch d. HD-Vorschaltanlage für 1 kWh	$d_{HD\,vorsch}$	kg/kWh	
14	R-Ruths-Speicheranlage			
15	Absolute leistungsabhängige Kosten der Ruths-Speicheranlage	K_{LR}	RM/Jahr	$K_{LR} = N_{spR} \cdot k_{LR}$
16	Spezif. leistungsabhängige Kosten der Ruths-Speicheranlage	k_{LR}	RM/kW Jahr	$k_{LR} = \frac{K_{LR}}{N_{spR}}$
17	Spez. Lade-Dampfverbrauch f. 1 kWh nutzbare Spitzenarbeit aus d. Ruths-Speicheranlage, bezogen auf Zustand d. Dampfes am Austritt aus der HD-Vorschaltanlage	d_R	kg/kWh	$d_R = \frac{5800^{11}}{\text{Wärmeinhalt d. Dampfes am Austritt a. d. } HD_{vorsch}}$
18	Jahres-Spitzenarbeit aus der Ruths-Speicheranlage	A_{spR}	kWh	
19	Spitzenleistung der Ruths-Speicheranlage	N_{spR}	kW	
20	P = Pumpspeicherwerk			
21	Absolute leistungsabhängige Kosten des Pumpspeicherwerkes	K_{LP}	RM/Jahr	$K_{LP} = N_{spP} \cdot k_{LP}$
22	Spezif. leistungsabhängige Kosten des Pumpspeicherwerkes	k_{LP}	RM/kW Jahr	$k_{LP} = \frac{K_{LP}}{N_{spP}}$
23	Jahres-Spitzenarbeit aus dem Pumpspeicherwerk	A_{spP}	kWh	
24	Spitzenleistung des Pumpspeicherwerkes	N_{spP}	kW	
25	Tages-Spitzenarbeit aus der Ruths-Speicheranlage am Tage der Jahreshöchstbelastung	A_{spRt}	kWh	
26	Tages-Spitzenarbeit aus dem Pumpspeicherwerk am Tage der Jahreshöchstbelastung	A_{spPt}	kWh	
27	Brennstoffkosten in Pf für 1 kcal frei Kraftwerks-Kesselhaus	c	Pf/kcal	
28	Brennstoffkosten in RM für 1.10⁶ kcal frei Kraftwerks-Kesselhaus	C	RM/10⁶/kcal	$C = 10^4 c$
29	Grenzbenutzungsdauer als Grenzwert entsprechend den Preiskennlinien	t_{gr}	h	
30	Absolute arbeitsabhängige Kosten	K_A	RM	
31	Spezif. arbeitsabhängige Kosten	k_A	Pf/kWh	
32	Jahres-Ersparnis an arbeitsabhängigen Kosten im Verbundbetrieb gegenüber Spitzenkrafterzeugung nur durch Pumpspeicherwerk	ΔK_A	RM/Jahr	
33	Differenz der leistungsabhängigen Kosten durch Verbundbetrieb mit Ruths-Speicheranlage	ΔK_L	RM/Jahr	$\Delta K_L = N_{spR} \times (k_{LR} - k_{LP})$
34	Jährliche Gesamtersparnis im Verbundbetrieb	E	RM/Jahr	$E = \Delta K_A - \Delta K_L$

Für das Beispiel der Abb. 1 gelten noch folgende Annahmen: Das Dampfkraftwerk für die Grundlast besteht aus einer Mitteldruck-Kondensationsanlage von 14 ata/vac, der eine Hochdruck-Vorschaltanlage vorgeschaltet ist; die an die Ruths-Behälter angeschlossenen Speicherturbinen verarbeiten ein Gefälle zwischen 14 → 1,5 ata/vac. Die Aufteilung der Spitzenlast N_{sp} auf Ruths- und Pumpenspeicherwerk erfolgt an Hand der Leistungsdauerlinie einer Entladeperiode oder, da Zwischenladungen zwischen den einzelnen Spitzen nicht erfolgen sollen, mittels der Tagesleistungsdauerlinie aus der Belastungskurve am Tage der Höchstbelastung und der Jahresleistungsdauerlinie (Abb. 2). Die jährliche Ersparnis E durch Verbundbetrieb gegenüber Spitzenkrafterzeugung nur durch Pumpspeicherwerk wird ermittelt als Funktion des Brennstoffpreises und der Jahres-Spitzenarbeitsbeträge A_{spR} und A_{spP}, die sich ihrerseits zufolge $d_{HD\,vorsch}$ und d_R der betreffenden Anlagen aus der durch die Kraftquellenfahrlinie ausgewiesenen Jahresspitzenarbeit A_{sp} des Verbrauchsgebietes bestimmen lassen. Sodann wird E an Hand eines praktischen Zahlenbeispieles für den Fall $k_{LR} = k_{LP}$[12] sowie den beiden Dampfdrücke/-temperaturen von 100 ata/450 °C und 33 ata/400 °C (Eintritt i. d. Turbine) der HD-Vorschaltanlage errechnet.

Für Erzeugung der Ladeabfallarbeit ausschließlich aus der Vorwärme von Ladedampf für die Ruths-Behälter gilt

$$A_{spRt}\, d_R = 1{,}7\, A_{spPt}\, d_{HD\,vorsch}$$

$$\frac{A_{spRt}}{A_{spPt}} = 1{,}7\,\frac{d_{HD\,vorsch}}{d_R} \qquad (1)$$

und damit auch

$$\frac{A_{spR}}{A_{spP}} \approx 1{,}7\,\frac{d_{HD\,vorsch}}{d_R}, \qquad (1a)$$

wobei

$$A_{spt} = A_{spRt} + A_{spPt} \; (2) \text{ und } A_{sp} = A_{spR} + A_{spP} \qquad (2a)$$

Im allgemeinen ist $d_{HD\,vorsch} > d_R$ und somit

$$\frac{A_{spRt}}{A_{spPt}} > 1 \qquad (3)$$

Eine Aufteilung der Tagesspitzenarbeitsfläche A_{spt} zufolge Gl. (1) unterteilt N_{sp} in die den beiden Speicherwerken im Verbundbetrieb zuzuweisenden Teilleistungen N_{spR} und N_{spP}, wobei

$$N_{sp} = N_{spR} + N_{spP} \qquad (4)$$

Der untere Teil von A_{spt} ist dem Speicherwerk mit den höheren spezifischen leistungsabhängigen Kosten, für den Sonderfall der Übereinstimmung dieser Kosten dagegen stets dem Ruths-Speicherwerk zuzuweisen, damit sich in diesem Fall trotz (3) eine für den praktischen Betrieb wertvolle angenäherte Übereinstimmung von N_{spR} und N_{spP} ergibt.

Abb. 4. Ermittlung von N_{spR} und N_{spP} mittels A_{spRt} und A_{spPt} nach Gl. (1) (Formelzeichen gem. Zahlentafel 1).

Von dem in Abb. 4 nochmals in vergrößertem Maßstabe dargestellten oberen Teil der Tagesleistungsdauerlinie am Tage der Höchstbelastung und der Jahresleistungsdauerlinie werden erzeugt:

Zahlentafel 2.

Ohne Verbundbetrieb nur durch: Pumpspeicherwerk	Ohne Verbundbetrieb nur durch: Ruths-Speicherwerk	Im Verbundbetrieb $A_{sp} = A_{spR} + A_{spP}$
Fläche A_{sp} mit 1,7.4000 kcal/kWh (vgl. Zahlentafel 1, Nr. 9)	Fläche A_{sp} mit 5800 kcal/kWh	Fläche A_{spR} mit 5800 kcal/kWh „ A_{spP} „ 1,7.1200 „

[12] $k_{LR} = k_{LP}$ und sogar $k_{LR} < k_{LP}$ ist durchaus möglich, auch bei Einsatz der Ruths-Anlage unter dem Pumpspeicherwerk (Einfluß der Speicherkapazität auf die Anlagekosten); vgl. L. Musil, ETZ 1931, S. 409.

Die jährliche Ersparnis an von der Arbeit abhängigen Kosten im Verbundbetrieb gegenüber Spitzenkrafterzeugung nur durch Pumpspeicherwerk beträgt demzufolge:

$$\Delta K_A = [A_{sp} \cdot 1{,}7 \cdot 4000 - (A_{spR} \cdot 5800 + A_{spP} \cdot 1{,}7 \cdot 1200)] \times c \cdot 10^{-2}\ \text{RM/Jahr}$$

bezw. nach Umformung

$$\Delta K_A = (1000\, A_{spR} + 4760\, A_{spP})\, c \cdot 10^{-2}\ \text{RM/Jahr}$$

$$\Delta K_A = (10{,}0\, A_{spR} + 47{,}6\, A_{spP})\, c\ \text{RM/Jahr} \qquad (5)$$

Diese jährliche Ersparnis an arbeitsabhängigen Kosten ergibt zusammen mit der Differenz

$$\Delta K_L = N_{spR} \cdot (k_{LR} - k_{LP}) \qquad (6)$$

der leistungsabhängigen Kosten, bedingt durch Verbundbetrieb mit Ruthsanlage, die jährliche Gesamtersparnis E im Verbundbetrieb. Für $k_{LR} = k_{LP}$[12] beträgt $\Delta K_L = 0$, also $E = \Delta K_A$. Für $k_{LR} < k_{LP}$[12] vergrößert sich E zu $\Delta K_A + \Delta K_L$; für $k_{LR} > k_{LP}$ dagegen verkleinert sich E auf $\Delta K_A - \Delta K_L$. Für sehr hohe Werte von k_{LR}, bedingt z. B. durch große Entfernung des Dampfkraftwerkes mit der Ruths-Anlage vom Verbrauchsgebiet und sich dadurch ergebende große leistungsabhängige Fortleitungskosten für A_{spR}, kann der Betrag ΔK_A bis auf 0 aufgezehrt werden, d. h. der Verbundbetrieb ist in solchen Fällen unwirtschaftlich. Für k_{LR} mäßig größer als k_{LP} gilt

$$E = \Delta K_A - \Delta K_L = (10{,}0\, A_{spR} + 47{,}6\, A_{spP})\, c - N_{spR}\,(k_{LR} - k_{LP})\ \text{RM/Jahr} \qquad (7)$$

Unter der Annahme, daß die Jahresarbeitsmenge A beispielweise — und um einen ungefähren Vergleich mit dem Zahlenbeispiel in der für das Spitzenkraftproblem grundlegenden Arbeit von E. Krohne[2] (Bewag-Belastung 1926) zu ermöglichen — $820{,}5 \cdot 10^6$ kWh, die Leistungen $N = 300\,000$ kW und alsdann gemäß Abb. 2 $N_g = 154\,000$ kW, $N_{sp} = 146\,000$ kW betragen, die HD-Vorschaltanlage mit Dampfdrücken und -temperaturen von entweder 100 ata/450 ° C oder 33 ata/400 ° C (Turbineneintritt) arbeiten und $k_{LR} = \sim k_{LP}$ sein möge, ergeben sich bei dem Brennstoff Steinkohle zu 7200 kcal und 20,00 RM/t ($c = 0{,}28 \cdot 10^{-3}$ Pf/kcal), maßgebend für die Kraftquellenfahrlinie der Abb. 3, die in folgender Zahlentafel 3 ermittelten Werte von E, N_{spR} und N_{spP}

Zahlentafel 3.

<table>
<tr><td>Jahres-Arbeitsmengen in 10^6 kWh</td><td>$A = 820{,}5$</td><td>$A_g = 0{,}957\, A = 785{,}5$</td><td>$A_{sp} = 0{,}043\, A = 35{,}0$</td></tr>
<tr><td>Leistungen in kW</td><td>$N = 300\,000$</td><td>$N_g = 154\,000$</td><td>$N_{sp} = 146\,000$</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">Hochdruck-Vorschaltanlage</td></tr>
<tr><td></td><td>100 ata/450° C</td><td colspan="2">33 ata/400° C</td></tr>
<tr><td>$d_{HD\,vorsch}$ . . . .</td><td>$\frac{860}{114 \cdot 0{,}8} = \sim 9{,}5$ kg/kWh</td><td colspan="2">$\frac{860}{57 \cdot 0{,}8} = \sim 18{,}9$ kg/kWh</td></tr>
<tr><td>Wärmeinhalt i d. Dampfes b. Austritt a. d. HD-Vorschaltanlage . . . . .</td><td>687 kcal</td><td colspan="2">727 kcal</td></tr>
<tr><td>$d_R = \frac{5800}{i}$</td><td>∼ 8,5 kg/kWh</td><td colspan="2">∼ 8,0 kg/kWh</td></tr>
<tr><td>$A_{spR} = 1{,}7 \times \frac{d_{HD\,vorsch}}{d_R} A_{spP}$ gem. Gl. (1)</td><td>$1{,}9\, A_{spP}$</td><td colspan="2">$4{,}0\, A_{spP}$</td></tr>
<tr><td>A_{spR}, A_{spP} gem. Gl. (2)</td><td>$23{,}0 \cdot 10^6$ kWh
$12{,}0 \cdot 10^6$ kWh</td><td colspan="2">$28{,}0 \cdot 10^6$ kWh
$7{,}0 \cdot 10^6$ kWh</td></tr>
<tr><td>ΔK_A gem. Gl. (5) . .</td><td>∼ 224 000 RM/Jahr</td><td colspan="2">∼ 172 000 RM/Jahr</td></tr>
<tr><td>ΔK_L gem. Gl. (6) . .</td><td>0</td><td colspan="2">0</td></tr>
<tr><td>E gem. Gl. (7) . . . . .</td><td>∼ 224 000 RM/Jahr</td><td colspan="2">∼ 172 000 RM/Jahr</td></tr>
<tr><td>N_{spR}, N_{spP} mittels A_{spRt} u. A_{spPt} aus Abb. 4</td><td>56 000 kW
90 000 kW</td><td colspan="2">81 000 kW
65 000 kW</td></tr>
<tr><td>E für $\Delta K_L = 10\, A_{spR}\, c$</td><td>∼ 159 600 RM/Jahr</td><td colspan="2">∼ 93 600 RM/Jahr</td></tr>
</table>

Selbst für das Kriterium gleicher spezifischer Kosten für A_{spR} bei Erzeugung durch Ruths- oder Pumpspeicheranlage, also bei $\Delta K_L = 10{,}0\, A_{spR} \cdot c$, beträgt E noch immer 159 600 bzw. 93 600 RM/Jahr (letzte Spalte der Zahlentafel 3).

Die Zahlentafel 3 läßt erkennen, daß die Verwendung einer HD-Vorschaltanlage von 100 ata/450 ° C bei einer um 31 % kleineren Leistung N_{spR} der Ruths-Speicheranlage eine um rd. 30 % größere Ersparnis E gegenüber einer solchen von 33 ata/400 ° C ergibt; daraus folgt, daß die HD-Vorschaltanlage für um so höheren Druck (Temperatur) bemessen werden muß, je weiter das Dampfkraftwerk und damit die Ruths-Speicheranlage vom Verbrauchsgebiet (Einfluß der Fortleitungskosten auf k_{LR}!) entfernt ist. Vielfach wird auch der gemischte Einsatz der Speicherwerke im Leistungsbereich N_{sp}, d. h. — gerechnet von unten nach oben — Ruths-Anlage II/Pumpspeicherwerk/Ruths-Anlage I vorteilhaft sein, z. B. dann, wenn die Ruths-Anlage II im Verbrauchsgebiet, das Pumpspeicherwerk dagegen an dessen Rande liegt ($k_{LR_{II}}$ trotz großer Speicherkapazität $= \sim k_{LP}$; vgl. Fußnote 12).

Die Vorteile des Verbundbetriebes liegen auf der Hand. Während bei einem Dampfkraftwerk ohne Ruths-Speicherwerk die vorhandene HD-Vorschaltanlage[13] mit einer Leistung von stets nur im Verhältnis $\frac{d_{MD\,cond}}{d_{HD\,vorsch}}$ der Mitteldruck-Kondensationsanlage betrieben werden kann, gestattet die Verwendung einer Ruths-Speicheranlage, die HD-Vorschaltanlage auch zu Zeiten geringen Leistungsbedarfes, in denen die Speicherwerke aufgeladen werden, in voller Leistung durchzufahren; das Zu- und Absetzen in der erforderlichen Leistungsveränderung des Dampfkraftwerkes erfolgt durch das Anfahren und Stillsetzen von Kondensationssätzen! Dadurch wird bei entsprechender Bemessung der Anlagen der gerade für die Hochdruckturbinen so wertvolle durchgehende 8760 h-Betrieb möglich!

Es konnte nicht Aufgabe dieser Untersuchung sein, die große Zahl der möglichen Fälle im Verbundbetrieb von Pump- und Ruths-Speicherwerk (Lage der Speicherwerke zum Verbrauchsgebiet, zulässige Ausbaukosten in Abhängigkeit dieser Lage, Grenzwerte usw.) ohne vereinfachende Annahmen usw. durchzurechnen. Die Absicht des Verfassers war vielmehr, an Hand eines einfachen und übersichtlichen Beispieles für die Verbund-Spitzenkrafterzeugung der Elektrizitätsgroßversorgung einen neuen Weg zur Steigerung ihrer Wirtschaftlichkeit zu weisen.

[13] Vgl. ETZ 1931, S. 233.

Richtungsanzeiger für einen Verschiebebahnhof.

Der gesamte Güterverkehr der Chicago, Rock Island & Pacific-Bahn in südlicher und südwestlicher Richtung durchläuft den stark belegten Verschiebebahnhof Herington, der 12 Einfahrgleise besitzt. Bisher teilte der Verschiebemeister die Nummer des für den nächsten Güterzug jeweils in Frage kommenden Einfahrgleises dem Zugleiter mit, der die Nummer an die nächste zurückliegende Zugfolgestelle fernmündlich weitergab, wo die Zugbegleitmannschaften darüber unterrichtet wurden. Bei diesem Verfahren kamen häufig Irrtümer vor, des weiteren wurden Umdispositionen erschwert und schließlich auch Störungen in der glatten Zugabwicklung hervorgerufen, wenn ein Zug die Mitteilung nicht rechtzeitig erhielt und sie sich erst selbst bei der Einfahrt in den Verschiebebahnhof fernmündlich erfragen mußte. Neuerdings hat man daher etwa 40 m vor der Einfahrtweiche einen für alle 12 Gleise gemeinsamen Richtungsanzeiger aufgestellt[1], an dem die Nummer des jeweils zu befahrenden Gleises an einem der 12 Felder durch den Zugleiter eingestellt wird. Die Einschaltung der 12 verschiedenen Signale (Lampen hinter Nummernschildern) erfolgt mittels eines Schrittschaltwerkes, dem über zwei Leitungen Stromstöße entsprechender Zahl von der 2,4 km entfernten Zugleitstelle zugeleitet werden. Die Stromstöße werden durch Aufziehen und Ablaufen einer Wählerscheibe wie beim automatischen Fernsprecher hervorgerufen. Mit dem Wähler ist ein Rückmelder verbunden, auf dem ein Zeiger die Stellung des Richtungsanzeigers anzeigt. Bei Einstellung „0" verschwindet das Signal, der Richtungsanzeiger ist für eine neue Einstellung bereit. *Spi.*

[1] F. E. Haney. Railw. Signalling Bd. 24, S. 126.

Die „Froschbeinwicklung".

Von Ing. Dr. techn. **Heinrich Sequenz**, Wien.

Übersicht. **Es wird eine Wicklung für große Gleichstrommaschinen beschrieben, die aus einer Verbindung von Schleifen- und Wellenwicklungen besteht. Diese Wicklung, die von ihren Erfindern — zwei Ingenieuren der Allis-Chalmers Manufacturing Co. in Milwaukee, Wis., V. S. Amerika — „Froschbeinwicklung" getauft wurde, macht, wie gezeigt wird, Ausgleichsverbindungen erster und zweiter Art unnötig. Die Berechnungsgrundlagen werden abgeleitet. Schließlich werden Ergebnisse von neuen Versuchen an Maschinen angeführt, die mit solchen Wicklungen ausgerüstet sind.**

Im Septemberheft des Jahres 1925 der Zeitschrift „Iron and Steel Engineer" (Pittsburgh, Pa.) beschrieben W. H. Powell und G. M. Albrecht eine Wicklung für vielpolige Gleichstromerzeuger und -motoren, die sie wegen der Form der Spulen „Froschbeinwicklung" (Frogleg Windings) tauften.

Diese Wicklung ist, soviel ich weiß, im deutschen Schrifttum unbekannt geblieben. Nur in der ETZ 1927 findet sich auf S. 1227 in einem Auszuge über die „Fortschritte im Bau amerikanischer Walzwerksantriebe" die Bemerkung, daß diese Froschbeinwicklung die üblichen Ausgleichsverbindungen überflüssig macht, und daß zwei 1500 PS-Motoren für die Bethlehem Steel Co., die mit dieser Wicklung ausgerüstet sind, auf dem Versuchstande die Vorteile dieser Wicklungsart erwiesen haben.

Die folgenden Besprechungen versuchen neben einer Beschreibung der Froschbeinwicklung eine Untersuchung ihrer Wirkungsweise und die Aufstellung der Berechnungsgrundlagen.

I. Die Froschbeinwicklung erspart Ausgleichsverbindungen erster Art.

Bekanntlich haben Ausgleichsverbindungen erster Art den Zweck, bei Maschinen mit Schleifenwicklungen die durch Unsymmetrien in den Polflüssen entstehenden Ausgleichströme über die Bürsten zu verhindern und die unsymmetrische Verteilung der Polflüsse auszugleichen[1].

Abb. 1. Schleifenwicklung mit Ausgleichsverbindungen erster Art. Der erste Ausgleichsring ist durch Gruppen von Schleifen- und Wellenwicklungsspulen ersetzt.

Abb. 2. Schleifenwicklung, bei der alle Ausgleichsverbindungen durch Gruppen von Schleifen- und Wellenwicklungsspulen ersetzt sind.

Abb. 3. Wicklungseinheit einer Froschbeinwicklung.

Abb. 4. Froschbeinwicklungs-Spule für den Anker eines sechspoligen Gleichstromerzeugers für 100 kW, 250 V und 1200 U/min.

Abb. 5. Spannungstern für die Froschbeinwicklung in Abb. 2.

[1] R. Richter, Ankerwicklungen für Gleich- und Wechselstrommaschinen, S. 67. Verlag von Julius Springer, Berlin 1920.

In Abb. 1 ist eine Schleifenwicklung mit 32 Spulen in 32 Nuten mit Ausgleichsverbindungen erster Art dargestellt. Stege gleichen Potentials sind um je

$$y_v = \frac{K}{p} = \frac{32}{4} = 8$$

Stromwenderstege voneinander entfernt. K ist die Stegzahl, $2p$ die Polzahl. Aus der Zeichnung erkennt man

Abb. 6. Spannungsvieleck für die Froschbeinwicklung in Abb. 2 in Verbindung mit dem „reduzierten Schema" und dem Stromwender.

nun, daß die Stege *1* und *9* statt durch den ersten Ausgleichsring auch durch eine Spulengruppe, in der sich die Spannungen gegenseitig aufheben, miteinander verbunden werden können. Eine solche Spulengruppe wird gebildet durch die Schleifenwicklungsspule zwischen den Stromwenderstegen *1* und *2* und durch eine Wellenwicklungsspule zwischen den Stromwenderstegen *2* und *9*. Das gleiche wird für die Verbindung der Stromwenderstege *9* und *17*, *17* und *25*, *25* und *1* durchgeführt. Diese Spulengruppen sind in Abb. 1 stark ausgezogen worden.

Es ist nun leicht einzusehen, daß die Schleifenwicklungsspule und die Wellenwicklungsspule, die zusammen eine die Ausgleichsverbindung ersetzende Spulengruppe bilden, gleiche Weite haben müssen, wenn in dieser Spulengruppe sich die in den Einzelspulen erzeugten Spannungen aufheben sollen. Es muß also gelten:

$$y_{1S} = y_{1W},$$

wenn mit y_{1S} die Weite der Schleifenwicklungsspule und mit y_{1W} die der Wellenwicklungsspule bezeichnet wird, beide gemessen durch die Zahl der nebeneinander liegenden Spulenseiten.

Weiter ist aus der Abb. 1 zu ersehen, daß der Stegschritt der Wellenwicklung y_{KW} gleich dem um den Stegschritt der Schleifenwicklung y_{KS} verminderten Verbindungschritt y_v sein muß; daß also die Gleichung bestehen muß:

$$y_{KW} = y_v - y_{KS}.$$

Setzt man

$$y_{KW} = \frac{K \mp a}{p}$$

(— für ungekreuzte, + für gekreuzte Wicklungen), weiter $y_v = K/p$ und $y_{KS} = \pm 1$ (+ für ungekreuzte, — für gekreuzte Wicklungen), so erhält man

$$\frac{K \mp a}{p} = \frac{K}{p} \mp 1$$

oder

$$a = p.$$

Die Wellenwicklung, der jene Spulen entnommen sind, die zusammen mit den Schleifenwicklungsspulen Spulengruppen bilden und die Ausgleichsverbindungen ersetzen sollen, muß dieselbe Ankerstromzweigzahl haben wie die ursprüngliche Schleifenwicklung, nämlich $2p$. Auch müssen Schleifen- und Wellenwicklung gleichzeitig gekreuzt oder ungekreuzt sein, wie aus der oben angeschriebenen Gleichung zu ersehen ist.

In Abb. 2 sind alle $K/p = 8$ Ausgleichsringe ersetzt durch Gruppen von Schleifen- und Wellenwicklungspulen. Auf diese Weise entsteht neben der für sich geschlossenen Schleifenwicklung noch eine einfach geschlossene Wellenwicklung, die ebensoviel Ankerstromzweige aufweist wie die Schleifenwicklung. Der Anker hat daher insgesamt $4p = 16$ Ankerstromzweige. Wie man aus Abb. 2 ersehen kann, liegen die Ober- und Unterschichten je einer Wellen- und Schleifenwicklungspule in den gleichen zwei Nuten. Die Wellenwicklungspule muß nun wohl von der Schleifenwicklungspule isoliert sein; doch können beide gemeinsam eingebandelt werden, so daß sie eine Wicklungseinheit bilden. Die eigenartige Form dieser Wicklungseinheit, die in Abb. 3 herausgezeichnet ist, hat der ganzen Wicklungsart den Namen „Froschbeinwicklung" gegeben.

Abb. 4 zeigt eine Froschbeinwicklungs-Spule für den Anker eines sechspoligen Gleichstromerzeugers für 100 kW, 250 V und 1200 U/min.

Die Froschbeinwicklung ist eine Zweischichtwicklung. Nur besteht jede Schicht aus zwei übereinanderliegenden Spulenseiten, so daß in einer Nut, wie man in Abb. 3 sehen kann, vier Spulenseiten übereinander liegen. Die Seiten der Wellenwicklungspulen nehmen den äußersten und innersten Platz in der Nut ein, die Seiten der Schleifenwicklungspule die beiden Mittelplätze.

Abb. 7. Zweifache Froschbeinwicklung mit ungeradzahligem Verhältnis K/p.

Abb. 2 zeigt deutlich, daß in der Froschbeinwicklung sowohl die Schleifenwicklung als auch die Wellenwicklung vollkommen ausgeglichen sind, denn jeder Steg ist mit seinen phasengleichen Stegen verbunden wie durch Ausgleichsverbindungen.

In Abb. 5 ist der Spannungsstern für die Froschbeinwicklung in Abb. 2 gezeichnet. Dieser Spannungstern ist für die Schleifenwicklung und für die Wellenwicklung, aus denen sich die Froschbeinwicklung zusammensetzt, der gleiche. Abb. 6 stellt das Spannungsvieleck in Verbin-

dung mit dem „reduzierten Schema" und dem Stromwender dar[2]. Das vierfache Spannungsvieleck für die Schleifenwicklung geht rechts herum (voll ausgezogene Pfeilspitzen und Bezifferung außerhalb des Vielecks), was der rechtsgängigen Schleifenwicklung mit $y_K = +1$ entspricht. Das vierfache Spannungsvieleck der Wellenwicklung dagegen geht links herum (gestrichelte Pfeilspitzen und Bezifferung innerhalb des Vielecks), was einer linksgängigen Wellenwicklung mit $y_K = \frac{K-a}{p}$ entspricht. Dies stimmt mit dem überein, was weiter vorn abgeleitet wurde, daß nämlich Schleifen- und Wellenwicklung gleichzeitig gekreuzt oder gleichzeitig ungekreuzt sein müssen. Rechtsgängige Schleifenwicklungen und linksgängige Wellenwicklungen sind aber ungekreuzte Wicklungen, linksgängige Schleifen- und rechtsgängige Wellenwicklungen gekreuzte Wicklungen.

Die Wellenwicklung, die mit der zweigängigen, zweifach geschlossenen Schleifenwicklung die Froschbeinwicklung gibt, ist, wenn K/p ungerade ist, einfach geschlossen. Der Stegschritt der Wellenwicklung ist nämlich

$$y_{KW} = \frac{K}{p} \mp 2,$$

also bei ungeradzahligem K/p ebenfalls ungerade, während die Stegzahl K sowie die Anker-Stromzweigpaarzahl $a = 2\,p$ gerade sein müssen.

Ist das Verhältnis K/p geradzahlig, so kann die Froschbeinwicklung, wenn ihr eine zweigängige, zweifachgeschlossene Schleifenwicklung zugrunde liegt, nur Ausgleichsverbindungen erster Art ersetzen, wie aus Abb. 8 zu entnehmen ist. In diesen Fällen ist die Wellenwicklung mindestens zweifach geschlossen, weil y_{KW} bei

Abb. 8. Zweifache Froschbeinwicklung mit geradzahligem Verhältnis K/p.

geradzahligem K/p eine gerade Zahl ist, also mit dem geradzahligen K und geradzahligen a mindestens den Teiler 2 gemeinsam hat. So ist die Wellenwicklung in Abb. 8 z. B. vierfach geschlossen.

Bei einer zweifachen Froschbeinwicklung muß also entweder die Stromwenderstegzahl oder das Verhältnis von Stromwenderstegzahl zur Polpaarzahl K/p ungeradzahlig sein, wenn Ausgleichsverbindungen erster und zweiter Art erspart werden sollen. Die Zahl der Ankerstromzweige ist bei einer zweifachen Froschbeinwicklung $2a = 8p$.

II. Die Froschbeinwicklung erspart Ausgleichsverbindungen zweiter Art.

1. Die zweifache Froschbeinwicklung.

Unter einer zweifachen Froschbeinwicklung soll die Verbindung einer zweigängigen Schleifenwicklung mit der dazugehörigen Wellenwicklung verstanden werden.

Bei einer zweigängigen Schleifenwicklung müssen die Ausgleichsverbindungen erster Art die durch Unsymmetrien in den Polflüssen entstehenden Ausgleichströme über die Bürsten verhindern und die unsymmetrische Verteilung der Polflüsse ausgleichen; die Ausgleichsverbindungen zweiter Art sollen die Spannung, die zwischen zwei aufeinanderfolgenden Stromwenderstegen des einen Schleifenwicklungsganges erzeugt wird, durch den dazwischen liegenden Stromwendersteg des zweiten Wicklungsganges in zwei gleiche Teile zerlegen.

Nun aber kann das Verhältnis der Stromwenderstegzahl zur Polpaarzahl in diesen zweigängigen Schleifenwicklungen entweder gerade oder ungerade sein. Ist das Verhältnis K/p ungerade, so sind die gewöhnlichen Ausgleichsverbindungen, die die um den Verbindungschritt $y_v = K/p$ voneinander entfernt liegenden Stromwenderstege verbinden, sowohl Ausgleichsverbindungen erster Art als auch Ausgleichsverbindungen zweiter Art, u. zw. gilt dies für einfachgeschlossene, zweigängige Schleifenwicklungen, deren Stromwenderstegzahl ja immer ungerade sein muß, und auch für zweifach geschlossene, zweigängige Schleifenwicklungen[3].

Führt man statt einer solchen zweigängigen Schleifenwicklung mit ungeradzahligem Verhältnis von Stromwenderstegzahl zu Polpaarzahl und Ausgleichsverbindungen eine zweifache Froschbeinwicklung mit derselben Steg- und Polpaarzahl aus, so findet man, daß diese Wicklung sowohl Ausgleichsverbindungen erster Art als auch solche zweiter Art in sich schließt. Z. B. ist in Abb. 7 eine Froschbeinwicklung gezeichnet, der eine zweigängige, zweifach geschlossene Schleifenwicklung zugrunde liegt. Das Verhältnis der Stegzahl $K = 18$ zur Polpaarzahl $p = 2$ ist ungeradzahlig: $K/p = 9$. Wie man sieht, schließt diese Froschbeinwicklung Ausgleichsverbindungen erster und zweiter Art in sich.

2. Die mehrfache Froschbeinwicklung.

Ähnliche Überlegungen wie für die zweifache Froschbeinwicklung lassen sich für die drei-, vier-, usw.-fache Froschbeinwicklung anstellen. Darunter sollen Froschbeinwicklungen verstanden werden, denen drei-, vier-, usw.-fache Schleifenwicklungen zugrunde gelegt sind.

Sollen bei einer dreifachen Froschbeinwicklung z. B. Ausgleichsverbindungen erster und zweiter Art überflüssig sein, dann müssen durch eine ausgleichende Schleifen-Wellenwicklungs-Spulengruppe Stromwenderstege miteinander verbunden werden, die um den Verbindungschritt

$$y_v = \frac{K}{p}$$

auseinanderliegen und die außerdem verschiedenen Teilwicklungen der dreigängigen Schleifenwicklung angehören, wenn diese dreifach geschlossen ist. Damit dies der Fall ist, darf der Verbindungsschritt durch 3 nicht ganzzahlig teilbar sein. Zu diesen Wicklungen gehören auch jene mit einer durch 3 nicht teilbaren Stegzahl; dies sind Froschbeinwicklungen mit dreigängigen, einfach geschlossenen Schleifenwicklungen. Die Zahl der Ankerstromzweige ist bei einer dreifachen Froschbeinwicklung $2\,a = 12\,p$.

Allgemein darf bei einer m-fachen Froschbeinwicklung, die Ausgleichsverbindungen erster und zweiter Art erübrigen soll, das Verhältnis von Stromwenderstegzahl und Polpaarzahl K/p durch m nicht ganzzahlig teilbar sein. Es muß also gelten

$$\frac{K}{p\,m} = g + \frac{z}{m},$$

[2] H. Sequenz, Die Symmetriebedingungen für Gleichstromankerwicklungen. ETZ 1928, S. 1217.
[3] R. Richter, wie Fußnote 1, S. 77...81.

wo g eine ganze Zahl und z/m einen echten Bruch bedeuten.

Die Zahl der Ankerstromzweige bei einer m-fachen Froschbeinwicklung ist

$$2\,a = 4\,m\,p\,.$$

Aus der vorletzten Gleichung folgt

$$K = p\,m\,g + p\,z = p\,(m\,g + z)\,.$$

Liegt nun der Froschbeinwicklung eine m-gängige, m-fach geschlossene Schleifenwicklung zugrunde, so muß K durch m ganzzahlig teilbar sein. Dies ist nach der vorstehenden Gleichung nur möglich, wenn

$$p = m\,x\,,$$

wobei x eine beliebige ganze Zahl ist. Daraus folgt, daß z. B. für zweigängige, zweifach geschlossene Wicklungen die kleinste Polzahl $2\,p = 4$, für dreigängige, dreifach geschlossene Schleifenwicklungen die kleinste Polzahl $2\,p = 6$ sein muß, usw.

Abb. 9. Dreifache Froschbeinwicklung mit 42 Spulen für 6 Pole und 36 Ankerstromzweige.

Der Stegschritt für die Schleifenwicklung der Froschbeinwicklung ist allgemein

$$y_{KS} = \pm\, m\,,$$

der Verbindungschritt

$$y_v = \frac{K}{p} = m\,g + z\,,$$

und der Stegschritt der Wellenwicklung der Froschbeinwicklung

$$y_{KW} = y_v - y_{KS} = m\,(g \mp 1) + z$$

was sich auch aus

$$y_{KW} = \frac{K \mp m\,p}{p}$$

ergibt.

Bis jetzt wurden Froschbeinwicklungen betrachtet, bei denen in jeder Nut nur zwei Seiten der Froschbeinwicklungs-Spulen lagen, bei denen also die Nutenzahl N gleich der Spulenzahl K war.

Befinden sich aber nicht nur $s_n = 2$, sondern allgemein s_n Froschbein-Spulenseiten in einer Nut, so muß

$$\frac{N}{p} = \text{ganze Zahl}$$

sein, damit die Schleifenwicklung der Froschbeinwicklung p phasengleiche Punkte aufweist. Dann ist aber

$$\frac{K}{p\,m} = g + \frac{z}{m} = \frac{N}{p}\,\frac{s_n}{2\,m}\,.$$

Da nun g und N/p ganze Zahlen sind und z/m einen echten Bruch darstellt, darf $s_n/2\,m$ keine ganze Zahl sein. Das heißt, daß $s_n/2$ durch m nicht ganzzahlig teilbar sein darf.

Beispiel: Für eine dreifache Froschbeinwicklung die auf einer dreigängigen, dreifach geschlossenen Schleifenwicklung aufgebaut werden soll, darf sowohl z als auch die halbe Spulenseitenzahl in 1 Nut $s_n/2$ durch die Gangzahl $m = 3$ nicht teilbar sein. Es werde $s_n/2$ gleich 1 angenommen, also eine Wicklung mit gleich vielen Spulen und Nuten gewählt. z sei 2. Die Mindestpolzahl für die Wicklung folgt aus $2\,p = 2\,m = 6$, wenn $x = 1$ gesetzt wird. Für diese Polzahl erhält man $2\,a = 36$ Ankerstromzweige. Wählt man nun noch $g = 4$, so ergibt sich die Spulenzahl der Froschbeinwicklung zu $K = 42$.

Der Stromwenderschritt für die Schleifenwicklung wird $y_{KS} = 3$, wenn eine ungekreuzte Schleifenwicklung als Grundlage für die Froschbeinwicklung angesehen wird. Der Verbindungschritt ist $y_v = K/p = 14$. Der Stegschritt der Wellenwicklung ist dann $y_{KW} = 11$. Die Wellenwicklung ist ungekreuzt und einfach geschlossen.

In Abb. 9 ist diese Wicklung dargestellt, u. zw. ist zur Abwechslung der Schaltplan nicht abgewickelt gezeichnet worden. Die Wellenwicklung ist stark voll ausgezogen; die drei Teilwicklungen sind voneinander durch volle, gestrichelte und gestrichelt-gepunktete Linien unterschieden.

III. Versuchsergebnisse.

1. Bei einem Gleichstromerzeuger für 1000 kW, 250 V, 4000 A und 750 U/min, der mit einer vierfachen Froschbeinwicklung bei 8 Polen ausgerüstet war, also mit 64 Ankerstromzweigen arbeitete, wurde, um eine Unsymmetrie des Feldes zu erzeugen, die Spule eines Poles kurzgeschlossen. Außerdem wurde ein Bürstensatz verschoben. Trotzdem konnte die Belastung um 40 %, also auf 5600 A gesteigert werden, ohne daß die Bürsten feuerten. Eine Verrückung der Bürsten aus der neutralen Zone in einer oder der anderen Richtung beeinflußte die Stromwendung nicht.

2. Die größere Unempfindlichkeit der Stromwendung gegen Bürstenverschiebungen bei Ankern mit Froschbeinwicklungen erlaubt bei Motoren eine Drehzahlregelung durch Bürstenverrückung. So zeigte sich z. B. bei einem Motor für 750 PS und einem durch Feldregelung bewirkten Drehzahlbereich von 120 ... 210 U/min, daß die verschiedenen Drehzahl-Belastungs-Kurven, die durch eine Bürstenverschiebung entgegen dem Drehsinne hervorgebracht wurden, Stabilität des Motors offenbarten.

3. Durch die Freundlichkeit eines der beiden Erfinder der Froschbeinwicklung, Herrn George M. Albrecht von der Allis-Chalmers Manufacturing Co., kam ich vor einigen Wochen in den Besitz von neuen Versuchsergebnissen. Ich danke Herrn Albrecht auch an dieser Stelle

für die Zusendung dieser Unterlagen und für die Erlaubnis, sie in meiner Arbeit benutzen zu dürfen.

Es wurde eine Gleichstrommaschine für 900 kW, 720 U/min und 250 V geprüft. Die Ankerwicklung ist eine zweifache Froschbeinwicklung mit insgesamt $K =$ 348 Spulen, die in $N = 116$ Nuten untergebracht wurden, so daß also $s_n = 6$ Spulenseiten in einer Nut liegen. Die Schleifenwicklung ist eine zweigängige, zweifach geschlossene Wicklung; die Wellenwicklung dagegen ist einfach geschlossen. Da die Maschine 8 Pole hat, weisen sowohl die Schleifenwicklung als auch die Wellenwicklung je 16 Ankerstromzweige auf, so daß insgesamt 32 Ankerstromzweige vorhanden sind. Da das Verhältnis der Stromwenderstegzahl $K/p = 348/4 = 87$, also ungerade ist, werden durch die Froschbeinwicklung sowohl Ausgleichsverbindungen erster als auch zweiter Art unnötig gemacht.

Abb. 10. Kurve *a* stellt die „Kommutatorkurve" dar; Kurve *b* gibt die Änderung der Spannung von Spule zu Spule an in einer der beiden Schleifenwicklungen einer Gleichstrommaschine für 900 kW, 720 U/min und 250 V, deren Anker mit einer zweifachen Froschbeinwicklung versehen ist.

Kurve *a* in Abb. 10 ist die „Kommutatorkurve" dieser Maschine, die ein Bild über die Änderung der Spannung zwischen je zwei benachbarten Stromwenderstegen gibt[4].

Kurve *b* in Abb. 10 wurde erhalten durch Messung der Spannung zwischen Stegen, die um je einen Steg voneinander entfernt liegen. Diese Kurve gibt also die Änderung der Spannung an, die in den aufeinanderfolgenden Spulen einer der beiden Teilwicklungen der zweigängigen, zweifach geschlossenen Schleifenwicklung erzeugt wird.

Wie man aus einem Vergleich dieser beiden Kurven erkennt, beträgt die Spannung zwischen benachbarten Stromwenderstegen höchstens die Hälfte der Spulenspannung einer der beiden Schleifenwicklungen.

Abb. 11. Potentialkurve einer Gleichstrommaschine für 900 kW, 720 U/min, 250 V, die mit einer zweifachen Froschbeinwicklung ausgerüstet ist.

Abb. 11 ist die „Potentialkurve", die man bekommt, wenn man die Spannung mißt zwischen einer Bürste und verschiedenen Punkten des Stromwenderumfanges[5], u. zw. wird diese Spannung in Abhängigkeit von der Lage dieses Punktes aufgetragen. Wie man nach der Gestalt der Kurven *a* und *b* in Abb. 10 erwarten konnte, ist diese Potentialkurve glatt. Sie zeigt, wie gleichmäßig die Spannung über den Stromwender verteilt ist.

[4] Arnold-la Cour, Die Gleichstrommaschine, Bd. 1, S. 205. Verlag Julius Springer, Berlin 1919.

[5] Arnold-la Cour, wie Fußnote 4, S. 195.

Die messende Bestimmung der Empfangsgüte von Rundfunkempfängern*.

Von Obering. A. Clausing, Berlin.

Übersicht. Die Arbeit befaßt sich mit der messenden Feststellung der Güte von Rundfunkempfängern. Durch bestimmte Arten von Messungen lassen sich die linearen und nichtlinearen Verzerrungen des Empfängers und seine Fernempfangsgüte ermitteln. In der Arbeit wird erstmalig auf die Bestimmung der Klirrfaktoren vollständiger Rundfunkempfänger eingegangen.

Beim Rundfunk baut sich der Empfangsvorgang aus einer Reihe komplizierter Einzelvorgänge auf. Meßtechnisch beherrschte man diese Vorgänge in der ersten Zeit des Rundfunks nur zu einem ganz geringen Teil. Für den überwiegenden Teil war man auf Versuche angewiesen sowie auf die Erfahrung, die aus der Technik der drahtlosen Telegraphie zur Verfügung stand. Als jedoch die Rundfunkempfangstechnik damit begann, eigene elektroakustische Wege zu gehen, erwies es sich als unerläßlich, die elektrischen Vorgänge in einer Rundfunk-Empfangsanlage einzeln und im Zusammenhang durch Messungen genau zu untersuchen. Im Zentrallaboratorium von Siemens & Halske hat man bereits im Jahre 1925 mit solchen Meßreihen begonnen. Vielfach mußten jedoch zunächst neue Meßverfahren entwickelt werden, so daß es verhältnismäßig lange gedauert hat, bis man die Empfangsgüte eines Rundfunkempfängers vollständig durch Messungen bestimmen konnte[1]. Um die Eigenschaften eines Rundfunkempfängers objektiv feststellen zu können, sind folgende Messungen erforderlich: 1. für die klangreine Wiedergabe: a) Messung der Gesamtverstärkung in Abhängigkeit von der Modulationsfrequenz bei verschiedenen Antennenenergien und b) des Klirrfaktors in Abhängigkeit von der Antennenenergie und der Modulationsfrequenz; 2. für die Fernempfangsgüte: Messung der Gesamtverstärkung in Abhängigkeit a) von der Antennenenergie und b) der Wellenlänge; 3. für die Selektivität: Messung der Abhängigkeit der Größe der Antennen-EMK von der Verstimmung, wenn bei allen Wellenlängen bei gleichem Modulationsgrad auf konstante Wechselspannung am Ausgang des Rundfunkgerätes eingeregelt wird.

Abb. 1. Zusammenhang zwischen Endrohrleistung und Raumgröße.

Die elektrische Leistung, die die Endstufe eines Rundfunkempfängers abgeben muß, um den Empfangsraum mit lautstarker, klangreiner Musik zu füllen, hängt ab von der Größe des Raumes, seiner Gestaltung, seiner Schalldämpfung und seinem akustischen Störspiegel. Normalerweise nimmt mit wachsender Raumgröße der Einfluß der schalldämpfenden Mittel auf die Lautstärke mehr und mehr ab. *Für jeden Kubikmeter Raum kann dann mit zunehmender Raumgröße die zur Raumfüllung erforderliche elektrische Endleistung abnehmen.* In Abb. 1 bezieht sich die untere Kurve auf den günstigsten, die obere Kurve auf den ungünstigsten Fall, während die Mittelkurve die

* Auszug aus einem Vortrag, gehalten in der gemeinsamen Sitzung des Elektrotechnischen Vereins und der Heinrich-Hertz-Gesellschaft am 21. X. 1930 in Berlin.

[1] Die wichtigste Literatur ist am Schluß des Aufsatzes zusammengestellt.

Durchschnittsleistung je m³ bei mittlerer Schalldämpfung angibt.

Die Forderung der klangreinen Wiedergabe verlangt nun, daß diese Endleistung ohne lineare und nichtlineare Verzerrungen abgegeben wird. Die Wiedergabe ist dann frei von linearen Verzerrungen, wenn in dem in Betracht kommenden Frequenzbereich der vom Lautsprecher hervorgerufene Schalldruck für alle Frequenzen gleich ist, falls dem Gitter der Endröhre eine konstante Wechselspannung der jeweiligen Frequenz aufgeprägt wird (Abb. 2). Wenn der Verstärkungsfaktor im musikalisch

Abb. 2. Abhängigkeit des Schalldruckes des Lautsprechers von der Frequenz.

wichtigen Bereich von der Frequenz unabhängig ist, so gilt die Wiedergabe als linear unverzerrt. Damit sie auch nichtlinear unverzerrt bleibt, muß der Verstärkungsfaktor von der Amplitude unabhängig sein. Um diese Eigenschaft des Empfängers zu prüfen, wird das Gitter mit einer veränderlichen Wechselspannung bestimmter Frequenz erregt und mit dem Schallmesser nach Barkhausen die Phonzahl bestimmt. Infolge der logarithmischen Beziehung zwischen Schallamplitude und Hörempfindung muß sich dann im Diagramm eine gerade Linie ergeben, wenn die Gitterwechselspannung im logarithmischen Maßstab aufgetragen wird. Da die Hörempfindung für die verschiedenen Frequenzen verschieden ist, erhält man eine Linienschar, bei der die Linie für 800 Hz die größten, die für 50 Hz die kleinsten Werte gibt (Abb. 3). Dieser Um-

Abb. 3. Abhängigkeit der Lautstärke des Lautsprechers von der Amplitude.

stand muß bei der Wahl der Endröhre berücksichtigt werden, wenn man tiefe Frequenzen mit großer Lautstärke wiedergeben will. So löst eine Gitterwechselspannung von 10 V bei der Frequenz 800 Hz in einem elektromagnetischen Lautsprecher hinter einer Endröhre RE 134 beispielsweise ein Fortissimo, bei der Frequenz 50 Hz dagegen nur ein Piano aus. Da diese 134er Endröhre bei Vermeidung zu großer Verzerrungen nur bis 10 V durchsteuert werden kann, wird sie eine Frequenz von 50 Hz nicht ohne Verzerrungen im Forte oder Fortissimo wiedergeben. Es bleibt dann nur übrig, eine Endröhre größerer Leistung zu verwenden.

Im Rundfunkempfänger erhält die Endröhre ihre Aussteuerspannung von einem Audion oder einem Richtverstärker (Gittergleichrichtung bzw. Anodengleichrichtung). Zwischen der Detektor- und Endröhre kann entweder ein Übertrager oder eine NF-Verstärkerstufe liegen. Die Größe der vom Audion bzw. Richtverstärker gelieferten niederfrequenten Spannung hängt ab von der zugeführten HF-Spannung und ihrer Modulation. Die Abhängigkeit der NF-Spannung von der HF-Spannung bei 10prozentiger Modulation zeigt Abb. 4. Man erkennt, daß bis zu einer HF-Spannung von 0,8 V das Audion die größeren NF-Spannungen liefert, also die größere Empfindlichkeit besitzt, darüber hinaus der Richtverstärker. Die Kurven beziehen sich auf eine Trägerwelle von 500 m Länge, eine Modulationsfrequenz von 800 Hz und einen Modulationsgrad von 10 %. Mit zunehmendem Modulationsgrad wächst bei Audion und Richtverstärker die Niederfrequenzspannung in gerader Linie, wenn man sich im Geradlinigkeitsbereich ihrer Charakteristiken befindet. Dementsprechend erkennt man aus Abb. 4, daß eine HF-Spannung von 2 V bei 70prozentiger Modulation am Richtverstärker eine NF-Spannung von $3 \cdot 7 = 21$ V liefert. Die Spannung genügt, um eine Röhre RE 604 ohne Übertrager oder Niederfrequenzverstärker direkt anzusteuern. Der geradlinige Bereich der Charakteristik ist beim Audion verhältnismäßig klein. Er hängt von der Größe der Anodenspannung ab, wie Abb. 5 ausweist. Die Kurven 1 ... 4 beziehen sich in dieser Folge auf Anodenspannungen von 185, 155, 105 und 60 V. Der geradlinige Teil der Audioncharakteristik wächst danach mit steigender Anodenspannung.

Abb. 4. Empfindlichkeit von Richtverstärker und Audion in Abhängigkeit von der Hochfrequenzamplitude.

Der verhältnismäßig kleine geradlinie Bereich der Audioncharakteristik ist mittelbar die Ursache für jene Verzerrungen, die sich im Klirrfaktor eines Audions ausdrücken. Der Klirrfaktor ist definiert durch

$$K = \frac{\sqrt{A_2^2 + A_3^2 + \ldots + A_n^2}}{A_1},$$

wobei $A_1 \ldots A_n$ die Koeffizienten der Fourier-Entwicklung sind. Der Klirrfaktor hängt von der Größe der HF-Amplitude und vom Modulationsgrad ab. Man mißt den Klirrfaktor, indem man dem Gitter eines Audions mit 800 Hz modulierte Trägeramplituden aufdrückt und die NF-Spannung auf ihren Gehalt an Grund- und Oberschwingungen untersucht. Für die Abhängigkeit des Klirrfaktors von der HF-Amplitude ergibt sich dann ein Minimalwert bei 0,2 V (Abb. 6). Für einen bestimmten Modulationsgrad (m) setzt bei sehr kleinen HF-Spannungen der Klirrfaktor mit einem Wert $m/4$ ein, nimmt dann bis zu 0,2 ... 0,3 V schnell ab und steigt wieder für höhere HF-Spannungen. Bezogen auf eine 70prozentige Modulation erhält man für sehr kleine HF-Spannungen einen Klirrfaktor von 18 %, einen sehr hohen Wert, für HF-Spannungen von 0,2 bis 0,3 V dagegen einen Wert von etwa 3 %, der zulässig ist. Beim rückgekoppelten Audion zeigt sich auch eine Abhängigkeit des Klirrfaktors von der Modulationsfrequenz, weil die höheren Modulationsfrequenzen im rückgekoppelten Audion unterdrückt werden (Abb. 7). Auch hier beginnt der Klirrfaktor bei tiefen Modulationsfrequenzen mit $m/4$, wird jedoch mit wachsender Modulationsfrequenz kleiner und kleiner.

	B_a [V]	V_{a_0} [V]	I_{a_0} [mA]
1	185	80	4,4
2	155	70	3,5
3	105	55	2,1
4	60	38	1,0

Abb. 5. Abhängigkeit der Audion-Richtspannung von der Hochfrequenzamplitude bei verschiedenen Anodenspannungen.

Die an der Detektorröhre gewünschte HF-Spannung wird nur in seltenen Fällen von der Antenne geliefert. Zumeist muß man vor dem Audion spannungsteigernde Mittel, Resonanzübertrager oder HF-Verstärker anwen

den. In der Umgebung Berlins kann man z. B. von den größeren Fernsendern bei einer Hochantenne von 4 m effektiver Höhe HF-Spannungen bis zu 3 mV, bei einer Zimmerantenne von 0,4 m effektiver Höhe HF-Spannungen bis zu 300 µV erhalten. Um auf die für das Audion günstigen Eingangsspannungen von 0,2 V zu kommen, benötigt man also bei der Hochantenne eine etwa 70fache, bei der Zimmerantenne eine etwa 700fache Verstärkung. Mit einem entdämpften Resonanzübertrager kann man eine

B_a = 185 V R_a = 35 000 Ω I_0 = 3 mA f_h = 800 Hz λ = 400 m

Abb. 6. Zusammenhang zwischen Klirrfaktor des Audions und seiner Aussteuerung.

maximale Spannungssteigerung von 600 erreichen, wenn der Resonanzübertrager um soviel verstimmt ist, daß sein Scheinwiderstand zum Scheinwiderstand der Antenne komplex konjugiert ist. Diese hohen Transformationen gelingen aber nur in einem kleinen Wellenbereich, im Mittel kann man bis zum 70fachen Betrage erreichen (Abb. 8). Mit einer Schirmgitterröhre RES 044 und Anodenschwingkreis, dessen Induktivität und Kapazität gleichzeitig so geändert werden, daß der Scheinwiderstand des Schwingkreises über den ganzen Wellenbereich konstant bleibt, kann man ohne Rückkopplung Spannungsteigerungen bis zum 20fachen, mit Rückkopplung bis zum 140fachen Betrage (3 bzw. 5 Neper) durchführen. Wird dem Gitter noch ein Abstimmkreis vorgeschaltet, so läßt sich von der Antennen-EMK aus eine Gesamtverstärkung in der HF-Stufe bis zum 2800fachen Betrage (8 Neper) erreichen. Die am Audion günstigste HF-Spannung von 0,2 V kann man also erhalten, wenn man bei vorgesehener Zimmerantenne eine Schirmgitterröhre vor das Audion schaltet.

Abb. 7. Frequenzabhängigkeit des Klirrfaktors des rückgekoppelten Audions.

Um die von einem Empfänger zu erwartende Lautstärke für einen Sender angeben zu können, dessen Antennenenergie am Empfangsort bekannt ist, muß man die Gesamtverstärkung des Gerätes bei dieser Antennenenergie und Wellenlänge messen. Zu diesem Zweck bildet man die Antenne nach, für die das Gerät gedacht ist und deren Wirk- und Blindwiderstand als Funktion der Wellenlänge bekannt ist. Diesen Ersatzkreis erregt man mit einer Hochfrequenzschwingung von bestimmter Amplitude, bestimmter Modulationsfrequenz sowie bestimmtem Modulationsgrad und mißt die Ausgangsspannungen des an die Antennennachbildung gelegten Empfängers. Dabei wird für den Lautsprecher ein Widerstand angeschaltet, der dem ohmschen Widerstand des Lautsprechers entspricht. Dann ist das Verhältnis der NF-Spannung zum modulierten Anteil der HF-Spannung die Gesamtverstärkung des Rundfunkempfängers.

Untersucht man die Abhängigkeit der Gesamtverstärkung als Funktion der Wellenlänge, so ergeben sich für den Bereich von 200 ... 2000 m Wellenlänge nahezu gerade Linien parallel zur Achse. Die Abhängigkeit der Gesamtverstärkung von der zugeführten HF-Amplitude zeigt für die verschiedenen Empfängertypen Abb. 9. Unter Berücksichtigung der vorstehenden Ausführungen kann man danach die Eignung eines Empfängers für den Fernempfang beurteilen. Als Fernempfänger kann ein Gerät angesprochen werden, das an einer Hochantenne mit einer

Abb. 8. Wellenlängen-Abhängigkeit der Hochfrequenztransformation im Antennenkreis.

Antennenenergie von mindestens 100 µV eine Gesamtverstärkung von mindestens 12 Neper, an einer Zimmerantenne mit mindestens 30 µV eine Gesamtverstärkung von 13 Neper oder an einer schlechten Zimmerantenne bei mindestens 5 µV eine Gesamtverstärkung von mindestens 14 Neper liefert.

1 4-Rohr-Schirmgitter-Gerät
2 3-Rohr-2-Kreis-Schirmgitter-Gerät mit Übertrager
3 3-Rohr-Gerät mit Übertrager
4 2-Rohr-Gerät mit Übertrager

Abb. 9. Empfindlichkeitskurven verschiedener Rundfunkempfänger-Typen.

Wenn man ein objektives Urteil über die klangreine Wiedergabe der Musik abgeben will, muß man die Gesamtverstärkung als Funktion der Modulationsfrequenz und den Klirrfaktor als Funktion der Antennenenergie sowie der Modulationsfrequenz messen. Im Bereich von 50 ... 5000 Hz darf sich die Gesamtverstärkung höchstens um 2 Neper ändern. Diese Bedingung erfordert, daß man die Frequenzabhängigkeit im Audion und in den Selektionsmitteln im NF-Verstärker korrigiert. In welch hohem Grade das möglich ist, zeigt Abb. 10. Hier bezieht sich die geschweifte Kurve auf einen Empfänger ohne Frequenzausgleich, die geradlinige Kurve auf einen solchen mit Frequenzausgleich. Mit Frequenzkorrektur im NF-Verstärker gelingt also die geradlinige Übertragung des Frequenzbereiches von 50 ... 5000 Hz. Die über 5000 Hz liegenden Frequenzen werden im NF-Verstärker unterdrückt, so daß störende Interferenztöne durch Überlagerung von Senderwellen nicht zustande kommen können.

Abb. 10. Seitenbandkorrektion in Rundfunkempfängern.

Literatur.

1. Proc. Inst. Radio Engs. Bd. 18, S. 1282 (1930).
2. P. O. Farnham u. A. Barber, Proc. Inst. Radio Engs., Bd. 18, S. 1339 (1930).
3. V. M. Graham u. B. Olney, Proc. Inst. Radio Engs. Bd. 18, S. 1351 (1930).
4. L. M. Hull, Proc. Inst. Radio Engs. Bd. 17, S. 1334 (1929).
5. K. W. Javois, Proc. Inst. Radio Engs. Bd. 17, S. 664 (1929).
6. Lueder, Wiss. Veröff. Siem.-Konz. Bd. 9, S. 167 (1930).
7. Bäumler, El. Nachr.-Techn. Bd. 1, S. 160 (1924).
8. M. v. Ardenne, Jahrb. drahtl. Tel. Bd. 32, S. 199 (1928).
9. A. Clausing, El. Nachr.-Techn Bd. 7, S. 477 (1930).
10. A. Jaumann, ETZ 1931, S. 985.

Beitrag zur Berechnung der Erwärmung von Transformatorenkesseln.

Von **Walter Kehse**, Bensheim a. d. B.

Übersicht. Es soll versucht werden, eine einfache Methode zur Vorausberechnung der Transformatorkessel-Übertemperatur zu geben, ausgehend von der Erwärmung des aufsteigenden Luftstromes. An Hand praktischer Beispiele wird die Grundlage entwickelt und nachgeprüft.

Die Ölkessel für Selbstkühlung haben vor einigen Jahren eine wesentlich größere Leistungsfähigkeit durch die Verwendung der gesperrten Wellen erhalten, d. h. solcher Wellen, bei denen die Zwischenräume das 2 ... 3fache der Wellendicke betragen. Es ist eigentlich merkwürdig, daß rd. 20 Jahre lang die gleichmäßigen Wellen verwendet wurden, deren Fehler darin besteht, daß die Menge der aufsteigenden Luft im Verhältnis zur Kesseloberfläche viel zu klein ist, wenigstens bei den praktisch in Frage kommenden Kesselhöhen. Ich lege meinen Betrachtungen die Erwärmungskurven von 3 Dauerbelastungen zugrunde, die in Abb. 1, 2 und 3 dargestellt sind. Die Kurven sind in der Weise erhalten, daß längs der Kesselhöhe 2 Reihen Thermometer angeordnet wurden, eine Reihe war an die Kesselwand angepreßt, die andere Reihe hing frei in der Mitte des Zwischenraumes der Wellen in halber Wellentiefe. Ich mache die vereinfachende Annahme, daß die Temperaturzunahme der aufsteigenden Luft proportional der aufgenommenen Wärmemenge ist. Werden z. B. bei dem Transformator Abb. 2 6300 W abgeführt, so kommt auf 1 °C rd. 371 W bei total 17 °C Lufttemperaturzunahme. Aus den Abb. 1 ... 3 ergibt sich, daß die Wärmeabgabe längs der Kesselhöhe nicht gleichmäßig stattfindet, sondern daß sie nach oben hin, auf die Flächeneinheit bezogen, stark abnimmt.

Leistung 100 kVA
Verluste 2960 W = 0,708 kcal/s
Q_l = 0,203 m² v_l = 0,60 m/s
q_l = 0,134 m³/s $+t_l$ = 19° C, gem. 19,3° C
Kessel: 320 × 850 mm, 900 mm hoch, 52 Wellen, 100 mm tief,
Tlg. 45 mm, Dicke 15 mm, Luft 30 mm

Abb. 1. Temperaturen an der Kesselaußenseite bei Dauerbelastung.

Leistung 250 kVA
Verluste 6300 W = 1,5 kcal/s
Q_l = 0.4 m² v_l – 0,78 m/s
q_l = 0,312 m³/s $+t_l$ = 17,3° C, gem. 17° C
Kessel: 370 × 960 mm, 1260 mm hoch, 38 Wellen, 181 mm tief,
Tlg. 60 mm, Dicke 15 mm, Luft 45 mm

Abb. 2. Temperaturen an der Kesselaußenseite bei Dauerbelastung.

Leistung 800 kVA
Verluste 18 500 W
Q_l = 0,79 m² v_l = 0,9 m/s
q_l = 0,71 m³/s $+t_l$ = 22,4° C, gem. 22,5° C
Kessel: 520 × 1225 mm, 2050 mm hoch, 52 Wellen, 260 mm tief,
Tlg. 70 mm, Dicke 25 mm, Luft 45 mm

Abb. 3. Temperaturen an der Kesselaußenseite bei Dauerbelastung.

Der Kessel Abb. 2 hat folgende Abmessungen: lichte Breite × Länge: 370 × 960 mm, Höhe: 1260 mm mit 38 Wellen von 181 mm Tiefe bei 60 mm Teilung und 15 mm Wellendicke. Die Oberfläche des Kühlmantels ist somit rd. 20 m². Teilen wir die Höhe in fünf Zonen, so haben wir auf 1 Zone 4 m².

Aus den Erwärmungskurven Abb. 2 ergibt sich folgende Zahlentafel:

Nach Vorbeigang der Luft am	Luftübertemperatur °C	Temperaturzunahme °C	von der Luft aufgenommen W	% von 6300 W	Watt/m², falls eine Zone 4 m² hat
1. Fünftel	+ 7	7	2600*	41,3	650**
2. „	+ 11	4	1480	23,5	370
3. „	+ 13.5	2.5	925	14,7	231
4. „	+ 15.4	1.9	705	11,2	176
5. „	+ 17	1,6	590	9,3	148
			6 300		

* 2600 einschl. Boden.
** ohne Boden + 5 °C, 1850 W, 463 W/m².

Bezeichnet man mit t_k die Kesselwand-Übertemperatur, mit t_l die zugehörige Luftübertemperatur, mit C eine Konstante, deren Wert für $t_l = 10°$ 1,65, für 20° 3,3 usw. beträgt, ferner mit O' die Oberfläche einer Zone in m² und ist W' die Wattzahl für 1° Lufttemperaturzunahme, so gilt:

$$\left(\frac{t_k}{t_l}\right)^4 O' C = (t_{1l} - t_{2l})\, W' \text{ (s. Abb. 4)}$$

$$+ t_k = t_l \sqrt[4]{\frac{(t_{1l} - t_{2l})\, W'}{O' C}}\,.$$

Als **Beispiel** soll der Kessel Abb. 2 dienen. Für diesen ist

$$O' = \frac{38 \,.\, 0{,}42 \,.\, 1{,}26}{5} \approx 4 \text{ m}^2 \text{ pro Zone}$$

$$W' = 6300/17 = 371 \qquad C = 1{,}65 \,.\, 1{,}7 = 2{,}8.$$

$(t_k/t_l)^4$	C	O'	Watt	$t_{1l} - t_{2l}$	$(t_{1l} - t_{2l})\, W'$
$(15/4)^4$	2,8	4	2630	7°	2600
$(31/9{,}2)^4$	„	„	1460	4°	1480
$(37{,}2/12{,}3)^4$	„	„	950	2,5°	930
$(41/14{,}5)^4$	„	„	722	2,0°	740
$(42{,}6/16{,}3)^4$	„	„	520	1,5°	555
			6282		6305

In gleicher Weise wurden die Abb. 1 und 3 durchgearbeitet, und es ergab sich, daß die oben angegebene Gleichung für t_k in praktischen Grenzen richtig ist. Mit Hilfe der Abb. 7 ist es möglich, die Temperaturen der Kesselwand zu berechnen, wenn t_l bekannt ist. Die Abb. 7 ergibt für t_l:

Höhe %	t_l %	Höhe %	t_l %
100	100	50	76
90	96,5	40	67
80	92,5	30	57
70	88	20	44
60	82,5	10	26

Bei Annahme von 5 Zonen genügt es, die oberste Zone nachzurechnen; für diese wird erhalten:

$$t_{k_{90}} = 0{,}965\, t_l \sqrt[4]{\frac{0{,}075\, t_l\, W'}{1{,}65\, \frac{t_l}{10}\, O'}} = 0{,}79\, t_l \sqrt[4]{\frac{W'}{O'}}\,.$$

Das obige Beispiel Abb. 2 ergibt:

$$+ t_k = 0{,}965 \,.\, 17 \sqrt[4]{\frac{0{,}075 \,.\, 17 \,.\, 371}{2{,}8 \,.\, 4}} = 41{,}8°, \text{ gem. } 42{,}5°.$$

Abb. 1 ergibt:

$$+ t_k = 0{,}965 \,.\, 19{,}3 \sqrt[4]{\frac{0{,}075 \,.\, 19{,}3 \,.\, 156}{3{,}2 \,.\, 2{,}29}} = 43{,}8°, \text{ gem. } 43°.$$

Abb. 3 ergibt:

$$+ t_k = 0{,}965 \,.\, 22{,}5 \sqrt[4]{\frac{0{,}075 \,.\, 22{,}5 \,.\, 820}{3{,}7 \,.\, 12{,}6}} = 50{,}8°, \text{ gem. } 51{,}5°.$$

Aus Abb. 1 ... 3 geht hervor, daß zwischen Kesseltemperatur und max. Öltemperatur eine Differenz herrscht, um die t_k zu vergrößern wäre. Diese Differenz wird etwa 15 % betragen. Es genügt also nicht, nur die Temperatur an der Kesselwand zu messen.

Die Durchrechnung von Kesseln mit dem gleichen Profil, aber verschiedenen Kesselhöhen zeigt, daß bei gleicher Temperaturzunahme die abgeführte Wärmemenge proportional der Quadratwurzel der Kesselhöhen zunimmt. Am gleichen Kessel steigt die maximale Temperatur linear mit der abgegebenen Wärmemenge an.

Um genaue Werte von C zu erhalten, müßte das untere Drittel der Erwärmungskurven möglichst genau bestimmt werden. Es dürften hierbei 6 Thermometer genügen, die etwa wie folgt anzuordnen wären: unteres Ende, nach 1/8, 1/8, 1/4, 1/4, 1/4 der Kesselhöhe. Es ist eigentümlich, daß bei allen aufgenommenen Kurven der Nullpunkt etwas tiefer als der Boden liegt.

Bei der Berechnung der Kessel- bzw. der max. Öltemperatur wurde von dem aufsteigenden Luftstrom ausgegangen. Die Luftgeschwindigkeit v_l hängt von der Kesselhöhe ab, sie ist aus Abb. 5 zu entnehmen. Diese Kurve wurde durch aufsteigenden Rauch ermittelt, weil eine Messung des Druckes nicht möglich ist, da dieser etwa 1/8 mm WS beträgt. Wie aus Abb. 5 ersichtlich ist, nimmt die Geschwindigkeit nicht im Verhältnis der Höhe, sondern viel langsamer, etwa mit $v' = v \sqrt[3]{\frac{H'}{H}}$ zu.

Um die Menge der aufsteigenden Luft q_l zu ermitteln, brauchen wir außer der Geschwindigkeit den Querschnitt Q_l, den wir entsprechend der Abb. 6 annehmen, wobei das Maß e etwa mit 30 bis 50 mm einzusetzen ist, je nach Größe der Wellen. Als obere Grenze wäre etwa festzulegen $d < 3c$; d kann um so größer genommen werden, je höher der Kessel ist. Wellendicke und Wellentiefe sind etwa wie folgt anzunehmen:

Abb. 4.

Abb. 5. Geschwindigkeit der aufsteigenden Luft.

Tiefe a	100	200	300	400 mm
Dicke der Welle c .	10	12	15	20 „

Das Gewicht der aufsteigenden Luft in 1 s beträgt, falls alle Maße in dm eingesetzt werden und Z die Anzahl der Wellen ist:

$$Z\,(a\,d + b\,e)\, v_l\, \gamma_l = A \text{ Gramm.}$$

γ_l soll mit rd. 0,9 eingeführt werden (s. Hütte 1905, S. 1310 für + 30° C). Erwärmt 1 cal 1 g Luft um rd. 3,6° C und ist 1 Ws = 0,24 cal, so werden für eine Lufttemperatur-Zunahme von + 19° C

$$Z\,(a\,d + b\,e)\, v_l \,.\, 20 \text{ Watt}$$

abgeführt.

Abb. 6.

Aus den gleichen Überlegungen ergibt sich ebenfalls folgende Rechnungsweise:

$$\text{Luftquerschnitt } Q_l = Z\,(a\,d + b\,e) \text{ in m}^2$$

$$\frac{\text{abzuführende Watt}}{4180} = k \text{ in kcal}\,.$$

Das Volumen der sekundlich aufsteigenden Luft q_l ist gleich $Q_l\, v_l$ in m³; $+ t_l° = \frac{k \,.\, 3{,}6}{q_l}$.

In den Abb. 1 ... 3 sind in dieser Weise die Lufttemperaturen nachgerechnet. Mit Abweichungen von einigen Graden ist immer zu rechnen, da sich an verschiedenen Kesseln der gleichen Type ebenfalls Abweichungen zeigen; im praktischen Betriebe hat die Berechnungsweise genügend genaue Resultate ergeben. Die Abb. 7 zeigt den Verlauf der Luft- und Kesselübertemperaturen in Prozent der Kesselhöhe. Diese Kurven wurden auf Grund einer großen Anzahl Dauerbelastungen gefunden und stellen Mittelwerte dar. Die kleinen Kreise in den Abb. 1 ... 3 wurden mit Hilfe der Abb. 7 nachträglich bestimmt. Die Abweichungen gegenüber den wirklich aufgenommenen Kurven liegen durchaus innerhalb praktischer Grenzen, so daß anzunehmen ist, daß der prozentuale Verlauf bei verschieden hohen Kesseln ein gleicher ist.

Während die Kessel Abb. 1 und 2 als günstig anzusehen sind, ist der Kessel Abb. 3 schlecht entworfen. Um Ersparnisse an Blech und Öl zu machen, sollten die Kessel so niedrig wie möglich gemacht werden. Würde man z. B. den Kessel Abb. 3 statt 2050 nur 1600 mm hoch machen, mit 44 Wellen, 300 mm tief bei 85 mm Teilung, so wären bei gleicher Übertemperatur und gleicher Wärmeabgabe folgende Ersparnisse zu machen:

an Oberfläche, also an Blechgewicht . 24 %
an Öl . . . . 22 %.

Im vorstehenden wurde nicht berücksichtigt, daß die Erwärmungskurven von Luft und Kessel am oberen Ende meist etwas nach links abbiegen, ferner soll die Strahlung in den angegebenen Zahlen als eingeschlossen angenommen werden. Die Überlegungen können sinngemäß auch auf Röhrenkessel angewendet werden.

Abb. 7. Luft- und Kesselübertemperaturen, abhängig von der Kesselhöhe.

Beispiel 1. 5600 kVA, 110 kV, 78 kW Verluste:
Kessel 1250 × 3100, Höhe 3300, 92 Wellen 400 mm tief, Teilung 95 mm, Lücke 67 mm, Wellendicke 28 mm.

$$Q_l = 92\left(\frac{4 \,.\, 0{,}67 + 0{,}95 \,.\, 0{,}5}{100}\right) = 2{,}9\ \mathrm{m}^2 \qquad v_l = 1{,}04\ \mathrm{m/s}$$

$$q_l = 3{,}02\ \mathrm{m^3/s} \qquad \text{Luft oben: } 78\ \frac{0{,}239 \,.\, 3{,}6}{3{,}02} = +22{,}2\ °\mathrm{C}.$$

$$O' = 54{,}4\ \mathrm{m}^2 \qquad W' = 3520 \qquad C = 3{,}66$$

$$t_k = 0{,}965 \,.\, 22{,}1 \sqrt[4]{\frac{3520 \,.\, 0{,}075}{3{,}66 \,.\, 54{,}4}} = +50\ °, \text{ oben im Öl rd. } +58\ °.$$

Beispiel 2. 2400 kVA, Verluste 37 kW, gemessen oben im Öl 57,5 ° C.

Hauptkessel: 102 Wellen 200 mm tief, Teilung 55 mm, Wellendicke 17 mm, Höhe 2000 mm.

Radiatoren: 6 Stück zu je 20 Wellen, 100 mm tief, Teilung 45 mm, Wellendicke 17 mm, Höhe 1800 mm.

Luftquerschnitt nach Abb. 6:

$$\left.\begin{aligned} 102\,(2 \,.\, 0{,}38 + 0{,}55 \,.\, 0{,}4) &= 100 \\ 6 \,.\, 20\,(1 \,.\, 0{,}28 + 0{,}45 \,.\, 0{,}4) &= \ \ 55 \end{aligned}\right\} \ \frac{155\ \mathrm{dm}^2}{1{,}55\ \mathrm{m}^2}$$

$$37\ \mathrm{kW} = 8{,}83\ \mathrm{kcal/s} \qquad v_l = 0{,}9\ \mathrm{m/s}$$

$$q_l = 1{,}39\ \mathrm{m^3/s} \qquad t_l = \frac{8{,}83 \,.\, 3{,}6}{1{,}39} = 22{,}9\ °\mathrm{C}$$

$$O' = 31{,}8\ \mathrm{m}^2 \qquad W' = 1620 \qquad C = 1{,}65 \,.\, 2{,}29 = 3{,}76$$

$$t_k = 0{,}965 \,.\, 22{,}9 \sqrt[4]{\frac{1620 \,.\, 0{,}075 \,.\, 22{,}9}{3{,}76 \,.\, 31{,}8}} = +48{,}5\ °\ \mathrm{C}.$$

Oben im Öl $48{,}5 \,.\, 1{,}15 \approx +56\ °$; gemessen: $57{,}5\ °$.

Es sollen in Abb. 8 und 9 noch einige Angaben gemacht werden, die sich aus Beisp. 2 ergeben. In Abb. 8 ist *a* die Temperatur oben im Öl, *b* die Temperatur der Wicklung aus Widerstandsmessung, *c* die Übertemperatur der obersten Spule, mit Termoelement gemessen. *d* gibt die Übertemperatur der Wicklung über Öl als Mittelwert, *e* gibt die Übertemperatur der obersten Spule über Öl, also den Maximalwert, *d* zeigt, daß der Temperatursprung etwa so viel Grade beträgt wie $\frac{\mathrm{Watt/m^2}}{100}$ vorhanden sind, z. B. bei 1000 W/m² rd. 10 ° C.

Abb. 8. Temperaturen bei verschiedenen Belastungen.

In Abb. 9 wurde der Verlauf der Temperaturen längs der Kessel- bzw. Wicklungshöhe dargestellt: *a* in Luft, *b* am Kesselmantel, *c* in der Wicklung. *c* wurde in der Weise gewonnen, daß der Punkt *e'* aus Abb. 8 entnommen und die Linie *d—d*, d. h. die aus der Widerstandsmessung erhaltene Übertemperatur eingetragen wurde, worauf Kurve *c* so ermittelt wurde, daß die schraffierten Flächen *A* und *B* flächengleich werden. In Kurve *e* ist in gleicher Weise der Verlauf für 125 % Last ermittelt. *c* und *e* haben natürlich eine andere räumliche Lage als *a* und *b*.

Abb. 9. Vertikalverlauf der Temperaturen.

Die Zusammenstellung zeigt, daß der Charakter **aller** Kurven ein ähnlicher ist, und daß im fortschreitenden **Maße** von *a* zu *c* die Hauptwärmeabgabe auf die unteren **Partien** abgedrängt wird. In Abb. 7 wurde noch der **prozentuale** Temperaturverlauf längs der Spulenhöhe **eingezeichnet**, und es zeigt sich das im vorherigen Satz **ausgesprochene** in noch klarerer Weise.

RUNDSCHAU.

Elektrische Antriebe.

Die Straßenbrücke nach Usedom. — Die auf der Insel Usedom gelegenen Ostseebäder konnte der Kraftfahrer bis vor kurzem nur über die Wolgaster Fähre erreichen. Da nur immer wenige Wagen auf dieser Fähre Platz hatten und für eine Hin- und Rückfahrt jeweils 15 min benötigt wurden, staute sich der Autoverkehr an dieser Stelle naturgemäß außerordentlich, und stundenlange Wartezeiten waren an Sonntagen keine Seltenheit. Jetzt ist die Fähre durch eine Brücke (Abb. 1) ersetzt worden, die eine direkte Straßenverbindung zwischen Usedom und dem Festlande herstellt. Um den regen Schiffsverkehr nicht zu beeinträchtigen, hat die Brücke auf der dem Festlande zugekehrten Seite eine hochziehbare Klappe erhalten, die den Schiffen eine über 20 m breite Durchfahrtstraße freigibt. Zur Sicherung des Land- wie auch des Schiffsverkehrs sind zahlreiche Schutzvorkehrungen getroffen worden, die jeden Unfall ausschalten.

Abb. 1. Straßenbrücke nach Usedom.

Abb. 2. Elektrischer Antrieb der Klappe mit 37 PS-Motor.

Die von einem Elektromotor von 40 kW angetriebene Brückenklappe kann nur geöffnet werden (Abb. 2), wenn vorher die zu beiden Seiten der Klappe angebrachten Schranken niedergelegt sind und der Kraftwagenstrom vollkommen abgestoppt ist. Um zu vermeiden, daß die Klappe beim Einfahren in die Endstellungen die Brückenkonstruktion erschüttert oder Stöße im Triebwerk hervorruft, wird ihre verhältnismäßig hohe Geschwindigkeit durch geeignete Schaltvorrichtungen in dem Augenblick auf etwa ein Drittel herabgesetzt, da sich die Klappe ihrer Endstellung nähert. Erst bei hochgezogener Klappe können auf der Wasserseite die grünen Signallaternen eingeschaltet werden, die den Schiffen anzeigen, daß die Durchfahrt jetzt frei ist. Die elektrischen Betriebs- und Sicherheitsvorrichtungen, die von der AEG stammen, sind also in einer Weise gegeneinander blockiert, daß Bedienungsirrtümer nicht entstehen können.

Die gesamte Anlage wird von einer Transformatorenstation aus dem Überlandnetz gespeist, u. zw. wird Drehstrom von 380 V für die Motoren und von 220 V für Lampen verwendet. Alle Schaltorgane sind auf einem besonderen Pult vereinigt. Bei etwa eintretenden Netzstörungen dient ein Dieselmotor mit Drehstromgenerator als Hilfsstromquelle, und für den Fall, daß auch dieser Maschinensatz einmal ausfallen sollte, ist als letzter Ausweg noch ein Handantrieb vorgesehen. *fi*

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

Die 98 at-Anlage des Kraftwerks Holland (New Jersey). — In einem Bericht an die American Society of Mechanical Engineers erklärt M. I. E. Moultrop, der Chefingenieur der Edison Electric Illuminating Co. in Boston, daß die Gesellschaft nach den günstigen Erfahrungen mit der 84 at-Anlage des Edgar-Kraftwerks sich entschlossen hat, die Neuanlage im Holland-Kraftwerk für 98 at zu bauen. Der erste Ausbau ist für 55 000 kW vorgesehen, spätere Erweiterung auf 220 000 kW. Es werden zwei Babcock-Wilcox-Kessel von je 735 m² Heizfläche aufgestellt, die je 113 000 kg/h Dampf von 98 atü erzeugen. Die Überhitzung ist nicht höher als 400 ° C vorgesehen. Die Turbinen werden für 84 atü gebaut. Die Hochdruckturbine von 11 800 kW entspannt den Dampf auf 30 atü, ihre Drehzahl ist 3600 U/min. Die Niederdruckturbine leistet 43 200 kW bei 1800 U/min. Die Zwischenüberhitzung wird in vier Apparaten aufgebracht, von denen zwei mit Frischdampf geheizt werden, während die beiden anderen in den Gasstrom eingeschaltet sind. Durch eine selbsttätige Regelung soll dafür gesorgt werden, daß die Dampftemperatur vor der Niederdruckturbine immer konstant bleibt. Zur Vorwärmung und Entgasung des Speisewassers sind an der Niederdruckturbine 3 Anzapfstellen vorgesehen, die das Wasser auf 228 ° C erwärmen; mit dieser Temperatur läuft es den beiden Economisern zu, die je 1100 m² Heizfläche besitzen. Ferner sind 2 Luftvorwärmer von je 3155 m² Heizfläche zur Vorwärmung der Verbrennungsluft vorgesehen.

Die Kohlenstaubfeuerung erhält 6 Brenner, die zu 3 und 3 gegenüberliegend angeordnet sind. Man erwartet hiervon eine starke Wirbelbildung in der Flamme, so daß man auf der einen Seite Fettkohle und auf der anderen Seite Anthrazit verbrennen kann. Die Brennkammer wird nur mit 160 000 kcal/m³ belastet. Um Kosten zu sparen, hat man keine Kesselreserve vorgesehen, man will vielmehr bei Ausfall eines Kessels den fehlenden Dampf durch Forcierung des anderen Kessels erzeugen und den dann noch fehlenden Strom durch Fremdbezug decken, ein Verfahren, mit dem man in Europa nicht gerade die besten Erfahrungen gemacht hat.

Um den Dampf aus den Hochdruckkesseln auch noch verwenden zu können, wenn die Hochdruckturbine ausfällt, hat man eine sehr sinnreiche Einrichtung getroffen; dann arbeiten die mit Dampf geheizten Zwischenüberhitzer als Reduzierstelle für Druck und Temperatur, indem man den Dampf in der umgekehrten Richtung als gewöhnlich durch diese Apparate strömen läßt.

Um die Gestehungskosten für die Hochdruckkessel möglichst zu vermindern, hat man die eigentliche Kesselheizfläche auf 12 % der Gesamtheizfläche heruntergedrückt, alle anderen Heizflächen liegen in den Überhitzern, Zwischenüberhitzern, Economisern und Luftvorwärmern. Die gesamte Anlage soll 100 Dollar für 1 installiertes kW kosten.

Um die Vorteile des Höchstdruckdampfes im Betriebe möglichst weitgehend auszunutzen, muß man auf verschiedene Einzelheiten besonders achten. Den Drosselverlust bei Teilbelastungen der Hochdruckturbine setzt man durch die Anordnung einer weitgehenden Düsenregelung herab, im Kraftwerk Holland besitzt die Turbine vier Ventile. Ferner treten Verluste auf bei der Regelung abgasbeheizter Zwischenüberhitzer, weil man die Überschreitung einer gewissen Höchsttemperatur vermeiden muß und dies auf

einfache Weise nur durch eine Verlustregelung erreichen kann. Deshalb hat man einen Teil der Zwischenüberhitzerstufen für Heizung mit Frischdampf eingerichtet. Den Brennstoffverbrauch für die Hilfsmaschinen hat man dadurch möglichst verringert, daß man diese mit Ausnahme der Speisepumpen auf elektrischen Antrieb eingerichtet hat. Der dritte und vierte Speisewasservorwärmer liegen zwischen den beiden Pumpengruppen, stehen also nicht unter dem vollen Economiserdruck und können entsprechend leichter ausgeführt werden.

Die Stromerzeuger arbeiten mit 13 200 V und einem Leistungsfaktor von 0,85. Die Kühlluft durchläuft einen geschlossenen Kreisstrom, in den Luftkühler von 540 m² für den Hochdruck-Maschinensatz und von 1450 m² für den Niederdrucksatz eingeschaltet sind. Wenn das Werk ausfällt, können alle Hilfsmaschinen vom Netz aus weiter mit Strom versorgt werden, außerdem besteht ein besonderer Hilfskessel zum Betrieb der Speisepumpen. Die Schalttafel wird so ausgebildet, daß von ihr aus die Kessel, Turbinen, Hilfsmaschinen und Netzleitungen geregelt werden können, dazu gehört natürlich ein umfangreiches System von selbsttätigen Steuerungen.

Wenn das Holland-Kraftwerk zufriedenstellend arbeitet, soll der Beweis erbracht sein, daß sich Niederdruckanlagen nur noch bei besonders vorteilhaften Brennstoffpreisen lohnen werden; wenn es gelingt, die Gestehungskosten für Hochdruckanlagen noch weiter herabzusetzen, werden Niederdruckanlagen in Zukunft nicht mehr wettbewerbsfähig sein. (Le Genie Civ. Bd. 96, S. 37.) *B.*

Leitungen.

Erwärmungsmessungen an Hochspannungskabeln. — Zur Nachprüfung der vom VDE festgelegten Höchststromstärken für Einfach- und Mehrfachkabel hat die Felten & Guilleaume Carlswerk AG. Meßreihen an 25 m langen, in Sand- und Schlackenbettung in einem Versuchsgraben verlegten 30 kV-Kabeln verschiedener Bauart, aber gleichen Querschnitts (50 mm²) vorgenommen. Die Kabel wurden mit 135 A belastet, d. h. mit der vom VDE vorgeschriebenen Normalstromstärke für 30 kV-Kabel dieses Leiterquerschnitts (mit Gürtelisolation). Es stellte sich im Mittel eine Übertemperatur von 16,9 °C ein (als Übertemperatur gilt die Differenz zwischen der Kupfertemperatur und derjenigen einer weitentfernten Stelle der Umgebung). Ein in einem zugwindfreien Korridor auf Zementboden ausgelegtes Kabel ergab eine mittlere Übertemperatur von 27,5 °C. Das bedeutet eine um 27 % geringere Belastbarkeit in Luft als im Erdboden und steht in guter Übereinstimmung mit der VDE-Vorschrift, die eine um 25 % geringere Belastung in Luft vorsieht. Durch Anbringen von Kühlrippen läßt sich die Belastbarkeit von Luftkabeln erheblich steigern, u. zw. um etwa 20 %. — Das entsprechende 30 kV-*H*-Kabel zeigte einen Stromvorteil von 13 % gegenüber dem Normalkabel in Erde, von 7 % bei Verlegung in Luft; das letztere überraschende Ergebnis rührt daher, daß sich der Wärmewiderstand aus dem inneren und dem äußeren Wärmewiderstand zusammensetzt und daß nur der erste Anteil beim *H*-Kabel kleiner als beim Normalkabel ist. Durch Fortfall der Jute zwischen Blei und Bewehrung läßt sich der Wärmewiderstand um 10 ... 14 % verringern, was einen Stromvorteil von etwa 5 % bedeutet.

Die dritte zum Vergleich herangezogene Bauart war diejenige nach S o n n e n f e l d (dreieckiger Kabelquerschnitt). Dieses bringt gegenüber dem *H*-Kabel in feuchtem Erdboden einen weiteren Stromvorteil von 4 ... 5 %, an Luft von etwa 2 %. Schließlich hat das Dreimantelkabel im Erdboden etwa 22 % Stromvorteil gegenüber dem Normalkabel bzw. 11 % in Luft. Es ergeben sich somit folgende Belastungszahlen:

Kabeltype	im Erdboden	in Luft
Normal-Kabel	100	72,5
Höchstädter-Kabel . . .	113	79.5
Höchstädter-So-Kabel . .	117	81,5
Dreimantel-Kabel	122	83,5

(W. V o g e l, Carlswerk-Rundschau 1930, H. 7, S. 3.) *Eg.*

Wasserdichte Kabelkanäle. — Kabelkanäle sollen möglichst wasser- und gasdicht sein, denn eindringendes Wasser kann bei Verletzungen des Kabelmantels Massenstörungen herbeiführen oder durch mitgeführte mineralische Bestandteile die Bleimäntel korrodieren, und Gas endlich kann zu Vergiftungen der in den Kabelschächten tätigen Arbeiter und u. U. zu folgenschweren Explosionen führen. Zur Dichtigkeit eines Kabelkanals gehört, daß die einzelnen Werkstücke an sich wasser- und gasdicht sind, daß sie ferner wasser- und gasdicht zusammengefügt werden und daß endlich auch die Kabelschächte wasser- und gasdicht sind. Die Erfüllung der letzten Forderung bietet keine besonderen Schwierigkeiten, um so mehr aber die Erfüllung der beiden ersten Forderungen. Eisen- oder Stahlrohre sind zwar wasser- und gasdicht, aber für ausgedehnte Benutzung zu teuer. Auch Rohre und Werkstücke aus glasiertem Ton sind verhältnismäßig gut wasser- und gasdicht, wenn sie eine gute, überall deckende Glasur besitzen, was aber bei Werkstücken verwickelterer Form nicht immer der Fall ist. Indessen sind Steingut-Werkstücke noch erheblich teuerer als Zement-Werkstücke. Durch sorgfältige Zusammensetzung der Zuschläge nach der Korngröße, durch Herstellung der Werkstücke im Schleuderverfahren und durch Zusatz gewisser Chemikalien lassen sich wasser- und gasdichte Werkstücke aus Beton herstellen. — Nach Beschreibung eines Verfahrens zur Prüfung der Wasserdichtigkeit von Formstücken werden verschiedene Verfahren zur Herstellung wasser- und gasdichter Stoßstellen zwischen den Werkstücken eines Kanals besprochen. Diese Verfahren bestehen meist darin, einen Hohlraum zwischen den beiden Stoßstellen zu schaffen, der mit besonders festem Gußbeton ausgefüllt wird; nach außen wird die Verbindungstelle durch Blech oder eine Betonmuffe abgeschlossen. Alle diese Verbindungen können zwar schnell hergestellt werden, sind aber nicht zuverlässig, besonders weil sie durch Erschütterungen des Straßenkörpers leicht Risse bekommen. Das ist auch bei allen den Kabelkanälen zu befürchten, die als Betonbau in e i n e m Stück mit eingebetteten Einzelzügen an Ort und Stelle hergestellt werden. Hierher gehören die in Amerika benutzten Steingutformstücke in einer Betonschicht, die neuerdings in Frankreich verwendeten Rohre aus Asbestzement, die auch ohne Dichtung an den Stoßstellen zusammengeschoben und in Zement gepackt werden, und endlich die Zementkanäle nach dem Patent „Cravetto", die aus Gußbeton bestehen und bei denen die Rohrzüge durch Schläuche aus wasserdichtem Leinen gebildet werden, die in den feuchten Beton eingelegt, durch eine Luftdruckanlage aufgeblasen und nach dreistündiger Abbindezeit entfernt werden. — Endlich werden die Verfahren erörtert, bei denen die Verbindung der Stoßenden durch elastische und zähe Massen versucht wird, insbesondere das Verfahren nach dem Patent „Burmeister", bei dem zum Dichten der Stoßstellen die sogenannte Dominatormasse verwendet wird, die plastisch bleibt und auch bei niedrigen Temperaturen nicht erstarrt. Günstige Laboratoriumsversuche mit diesem Verfahren lassen einen praktischen Versuch angebracht erscheinen. (M. S e n g e r, Tel.- u. Fernspr.-Techn. Bd. 19, S. 213.) *But.*

Apparate.

Über einen neuen Temperaturregler. — Die Regelung der Temperatur in elektrisch beheizten Thermostaten oder Brutschränken bietet gewisse Schwierigkeiten, die darin bestehen, daß die Konstanthaltung der Temperatur großen Toleranzen unterworfen ist. Ursache ist die mehr oder weniger große Trägheit des Reglers, der den Temperaturschwankungen nicht immer schnell genug folgen kann. Im allgemeinen ist es für solche Fälle gewünscht, eine Temperaturregelung zu besitzen, die recht kleine Differenzen im Steigen und Fallen der Temperatur zuläßt.

Abb. 3. Schema eines empfindlichen Temperaturreglers für Thermostaten

L. D u b a r beschreibt einen Bimetallregler, dessen Wirkungsweise aus der Abb. 3 zu ersehen ist. Die Empfindlichkeit des Reglers wird dadurch gesteigert, daß außer dem eigentlichen Heizwiderstand *a* im Thermostaten ein Hilfswiderstand *d* unmittelbar auf das Bimetall *b* einwirkt. Die Bewegung des Bimetalls wird durch eine Hebelanordnung stark übersetzt, so daß der Ausschalter *c* schon bei

sehr kleinen Bewegungen des Bimetalls betätigt wird. Diese Anordnung gestattet, die Heizmasse des Bimetalls recht klein zu halten, so daß sie sich schnell durch den Hilfswiderstand *d* im eingeschalteten Zustande über die Temperatur des Heizraumes hinaus erwärmen kann. Im ausgeschalteten Zustande wird von dem Regler die Wärme sehr schnell an den Heizraum abgegeben, so daß ebenfalls wieder eine schnelle Betätigung erfolgt, die schneller ist, als das Steigen und Fallen des eigentlichen Heizwiderstandes. Die Trägheit des großen Heizraumes wird dadurch bewußt außer Wirkung gesetzt und dient vielmehr als Puffer zum Ausgleich der Regelstöße. Versuche mit einem derartigen Regler zeigten bei einer durchschnittlichen Temperatur von 40 ° C bei einem Heizvolumen von etwa 15 cm³ Temperaturschwankungen von weniger als 2 ° C.

Das Prinzip des Reglers wird von Dubar theoretisch behandelt und die Abhängigkeit der einzelnen Funktionen wie Anheizzeit, Regelzeit, Verteilung der Energie von Heizwiderstand und Hilfswiderstand bestimmt, u. zw. unter Berücksichtigung der auf den Thermostaten von außen wirkenden Temperaturschwankungen. Die damit verbundene veränderliche Wärmeabgabe des Apparates wird ebenfalls berücksichtigt. An Hand eines praktisch ausgeführten Brutofens werden die Regelverhältnisse auf Grund der gefundenen Formeln durchgerechnet.

Das Regelprinzip als solches ist jedoch nur bei verhältnismäßig niederen Temperaturen anwendbar, so lange nämlich, wie ein nennenswerter Unterschied zwischen der Wirkung des Heizwiderstandes und des Hilfswiderstandes möglich ist. Bei hohen Temperaturen ist es daher nicht anwendbar. Dagegen empfiehlt Dubar, die Regler bei Kühlschränken in Anwendung zu bringen. (L. Dubar, Rev. Gén. de l'El. Bd. 28, S. 283.) *Amn.*

Beleuchtung.

Analyse der Literatur über die Abhängigkeit der Sehfunktionen von der Beleuchtungsstärke. — Die umfangreiche Arbeit gibt eine kritische Betrachtung und Zusammenfassung von mehr als 9000 Abhandlungen und Aufsätzen über die Beziehung zwischen den Sehfunktionen und der Beleuchtung; berücksichtigt ist die Literatur bis einschließlich 1925. Nach einer allgemeinen Einleitung, in der über die Methode zur möglichst vollständigen Erfassung aller Literaturstellen zu diesem Thema berichtet wird, werden die verschiedenen Bestimmungen des Schwellenwertes der Augenempfindlichkeit besprochen. Die absolute Empfindlichkeitschwelle des Auges, die Größe des kleinsten beleuchteten Gegenstandes oder der kleinsten Einzelheit, die gegen einen dunklen Hintergrund noch unterschieden werden kann, ist abhängig von dem Adaptationszustand des Auges und von der Beleuchtungsstärke auf dem Gegenstand. Bei einer Beleuchtungsstärke von 125 Lux (gemeint ist offenbar die Leuchtdichte 125 Lux auf Weiß) beträgt der Durchmesser der kleinsten wahrnehmbaren Fläche $1{,}6 \cdot 10^{-3}$ cm, aus 1 m Entfernung gesehen, bei einem auf völlige Dunkelheit adaptierten Auge.

Es folgt eine Besprechung der Untersuchungen über die Unterscheidungsmöglichkeiten der Reflexionskoeffizienten größerer Flächen. Hier wird besonders auf die von verschiedenen Forschern gefundenen Abweichungen gegen das Fechnersche Gesetz eingegangen. Die Unterscheidungsmöglichkeit wächst theoretisch bis zu einer bei 1200 bis 2400 Lux liegenden Grenze an. Eine praktische Grenze ist jedoch schon bei 75 Lux erreicht, da die Steigerung über 75 Lux sehr gering ist.

Sehr eingehend ist die Behandlung der Untersuchungen über Sehschärfe und ihre Abhängigkeit von der Beleuchtungsstärke, besonders auch unter dem Einfluß störender blendender Lichtquellen, sowie über die Sehgeschwindigkeit. Beide Größen sind von der Beleuchtungsstärke sehr stark abhängig. Die Existenz eines Optimismus der Sehgeschwindigkeit, dessen Größe von den gegebenen Bedingungen abhängt, wird betont. Für die Reaktionszeit und -geschwindigkeit existiert ein praktisches Optimum etwa bei einer Beleuchtungsstärke von 125 Lux. Ferner wird die Abhängigkeit des Farbensehens von der Beleuchtungsstärke kritisch besprochen. Farben sind erst wahrnehmbar bei mehr als etwa 0,6 Lux. Bei 125 ... 250 Lux, wo der Purkinje-Effekt verschwindet, scheint die praktische Grenze der Steigerung des Farbensehvermögens erreicht zu sein.

Der Einfluß der Beleuchtungsstärke auf das Eintreten der motorischen Augenfunktionen, auf Augenanstrengung, -ermüdung und -schmerz, wird in einem weiteren Abschnitt eingehend behandelt. Bei etwa 12 000 Lux hat die Pupille ihre kleinste Öffnung, die günstigste Pupillenöffnung ist bei etwa 125 Lux vorhanden. Bei Beleuchtungsstärken unterhalb 300 Lux ist eine Augenüberanstrengung infolge übermäßiger Beleuchtung nicht möglich. Eine Ermüdung der Augenmuskeln tritt ebenso leicht bei 1200 Lux wie bei 60 Lux ein.

Schließlich wird auch das neuzeitliche und doch schon bis in das Jahr 1885 zurück zu verfolgende Problem der Abhängigkeit der Leistungsfähigkeit bei praktischer Arbeit von der Beleuchtungstärke besprochen. Die meisten der heutigen Arbeiten fordern eine Erhöhung der Beleuchtungstärke von ursprünglich 25 ... 40 Lux auf 125 ... 150 Lux. In fast allen Fällen hat sich durch Erhöhung der Beleuchtungstärke eine Produktionsteigerung von 10 ... 15 Prozent und zuweilen mehr ergeben. Erklärt wird dieser große Erfolg damit, daß gerade zwischen den beiden genannten Bereichen der Beleuchtungstärken die größte Steigerung aller Sehfunktionen stattfindet. Jedoch ist es fraglich, ob die Gesamtwirkung tatsächlich nur auf verbessertes Sehen zurückzuführen ist. Es wird zum Schluß betont, daß eine sorgfältige Untersuchung der Arbeitsbedingungen erforderlich ist, wenn eine Leistungsteigerung durch Verbesserung der Beleuchtung erzielt werden soll. Vor allem ist festzustellen, welche Rolle das Sehen bei dem Arbeitsvorgang überhaupt spielt, und schließlich, welche Sehfunktionen für die Erhöhung der Arbeitsgeschwindigkeit und -genauigkeit wesentlich sind. (L. T. Troland, Transact. Ill. Engg. Soc. Bd. 26, S. 107.) *F. Bn.*

Heizung. Öfen.

Elektrische Feuerverzinkung. — Es wird ein elektrisch geheiztes Bad für Feuerverzinkung beschrieben: Größe des Bades 0,9 · 1,5 · 0,9 m; Anschlußwert 70 kW. Als Mittelwert von rd. 9 t ergab sich ein Verbrauch von 164 kWh/t ohne die Auskühlungsperioden oder 230 kWh/t mit der Nachtauskühlung. Die Tauchzeit konnte gegenüber früher (Gasfeuerung 2 min) auf 45 s verringert werden, so daß die Stundenproduktion auf 720 kg Tauchgut stieg. Als günstigste Verzinkungstemperatur wurden 428 ° C ermittelt. Aus diesen Zahlen läßt sich unter der Voraussetzung, daß das Gut voll durchwärmt ist, ein Verlust von 75 kW errechnen. Da der Anschlußwert nur 70 kW beträgt, kann das Gut nicht voll durchwärmt aus dem Ofen kommen; der niedrige spezifische Verbrauch beruht daher auf der kurzen Tauchdauer, die zur Durchwärmung des Gutes nicht ausreicht.

Die Regelprüfung besteht im Eintauchen in eine normale Kupfersulfatlösung; als Mindestforderung gilt, daß nach viermaligem Eintauchen von je 1 min kein Angriff festzustellen ist.

Proben aus der Normalfabrikation (45 s Tauchdauer; 428 ° C) ergeben eine Schichtstärke von 0,051 mm und hielten 5 Normaltauchungen aus. Proben, die bei 457 ° C 2 min getaucht waren, ertrugen 9 Tauchungen. Die Schichtstärke war 0,076 mm; dies entspricht 30,5 mg/cm² (Zinkgewicht/Oberfläche) oder 3,04 % Zink (Gewicht).

Der Schlackenanfall (die Art der Schlacke ist nicht genauer angegeben, vermutlich Hartzink) ist praktisch verschwunden, während früher wöchentlich etwa 350 kg Schlacke entfernt werden mußten. Hierdurch allein entsteht bei der elektrischen Feuerverzinkung eine Ersparnis von 500 RM/Monat. (El. World Bd. 94, S. 377.) *Pk.*

Bahnen und Fahrzeuge.

Meßwagen der französischen Bahngesellschaften. — Zur selbständigen Aufnahme von Erschütterungskurven, nach deren Verlauf man die Erhaltung der befahrenen Strecke beurteilen kann, werden auf den französischen Bahnstrecken seit längerer Zeit Schreibapparate System Hallade benutzt, mit denen beispielsweise auch die Schwingungserscheinungen der verschiedenen Typen elektrischer Lokomotiven untersucht werden. In der letzten Zeit ist man aber oft in der Lage, nicht nur Vibrations-, sondern auch dynamometrische und andere Messungen durchführen zu müssen, welche einerseits zur Untersuchung von Lokomotiven, anderseits zur Untersuchung der Streckenteile notwendig erscheinen. Diese letzte Untersuchung gibt dann besonders für die zu elektrisierenden Strecken sehr wertvolle Angaben. Die zur Durchführung der Messungen bestimmten Apparate werden in einem besonderen Meßwagen untergebracht, der zwischen die Lokomotive und den beförderten Zug eingeschaltet wird und eine bequeme Aufnahme aller gewünschten Kurven ermöglicht. Ein auf der Northern Pacific Railway (Kanada) in Betrieb befindlicher Meßwagen von 21,35 m Länge über Puffer besitzt zwei hydraulische Meßzylinder von 645 und 1290 cm² Querschnitt, die eine Zugkraft bis 112,5 t und eine Stoßkraft bis 562,5 t zu messen gestatten, und ist zur Aufnahme von 22 Meßgrößen, wie Geschwin-

digkeit, Zug- und Druckkraft, Zeitfolgen der Bewegungen des Lokomotivführers usw. eingerichtet.

Das von den französischen Hauptbahngesellschaften gemeinschaftlich unterhaltene Konstruktionsbüro („Office Central d'Etudes du Matériel des Chemins de Fer") hatte für die französischen Strecken vier Spezialmeßwagen entworfen, deren Einrichtung die folgende ist. Die Untergestelle sind den Normalwagen Type C 10 entnommen. Für die dynamometrischen Messungen ist ein zwischen dem Zughaken und dem Wagenrahmen auf der an die Lokomotive anzuhängenden Seite befindliches hydraulisches Dynamometer vorgesehen, mit dem man Zug- und Druckkräfte bis 90 t messen kann. Die im Wagenkasten auf einem Meßtische vereinigten Meßapparate sind hauptsächlich die folgenden: die von dem Dynamometer betriebenen Zug- und Druckschreiber, die auf drei verschiedene Empfindlichkeiten eingerichtet werden können, Geschwindigkeitsmesser (System Amsler-Teloc und Deuta), ein Registrierleistungsmesser zur Messung der geleisteten Zug- und Druckarbeit, ein besonderer Apparat zur Aufnahme der Momentankraft am Zughaken, ein Leistungsmesser zur Messung der Leistung der Beharrungskräfte usw. Der Antrieb der Registrierstreifen aller Apparate kann abwechselnd entweder der durchgefahrenen Strecke oder der Zeit proportional gemacht werden; im ersten Fall geschieht der Antrieb von einer Radachse aus. Zwei von den vier Meßwagen sind speziell zur Bremsenuntersuchung eingerichtet; die betreffende Einrichtung besteht aus Tangential- und Radialzylindern, welche die in diesen beiden Richtungen am Bremsschuh wirkenden Kräfte zu messen und zu registrieren gestatten. Eine besondere Meßeinrichtung ist zur Messung der Geschwindigkeit, mit der verschiedene Bremssysteme zur Wirkung kommen, vorgesehen. Die zwei übrigen von den vier Meßwagen sind dagegen zur Messung von relativen Bewegungen der einzelnen Wagenteile bestimmt; es werden die Neigung des Wagenkastens gegenüber den Untergestellen, der Rotationswinkel der Untergestelle und die Beanspruchung der Wagenfederung gemessen. Da die Meßwagen auch für die dampfbetriebenen Strecken zur Verwendung kommen, ist die obengenannte Ausrüstung noch durch einige weitere zur Messung auf den Dampflokomotiven bestimmte Meßapparate vervollständigt; es sind insbesondere vorhanden: mehrere Registrierthermometer zur Messung von Heizgas-, Dampf-, Luft- und Speisewassertemperatur; ein CO_2- und CO-Meßapparat; zwei Wasser- und zwei Dampfmengenmesser, von denen einer zur Messung der für die Zugbeheizung abgegebenen Dampfmenge bestimmt ist. (Rev. Gén. des Chemins de Fer, Bd. 46, S. 25 u. 153; Bd. 48, S. 265, u. Engineer Bd. 148, S. 230.) *-ak.*

Bergbau und Hütte.

Die Erzeugung von hochwertigem Gußeisen nach dem Duplexverfahren. — Wenn auch an sich die Erzeugung von Gußeisen durch Schmelzen von Roheisen im Kupolofen und durch anschließendes Feinern des Kupolofenabstiches im elektrischen Ofen in den letzten Jahren bekannt geworden ist[1], so stellt doch die Anlage und Betriebsführung auf der Standard Foundry Co., Racine, Wis., insofern eine Neuerung dar, als nunmehr festgestellt werden konnte, daß das kombinierte Schmelzverfahren sich auch zum kontinuierlichen Abgießen der Gußformen nach dem Fließarbeitsprinzip eignet. Kupolofen und elektrischer Ofen wurden nebeneinander aufgestellt; das Überführen des flüssigen Kupolofeneisens in den elektrischen Ofen geschieht einfach dadurch, daß das Eisen von der Abstichrinne des Kupolofens auf eine zweite, bewegliche Abstichrinne fließt, die in den elektrischen Ofen mündet. Gießpfannen sind daher nicht erforderlich, so daß das Überführen nicht allein schneller, sondern auch ohne die Abkühlung erfolgt, die beim Umgießen aus der Pfanne in den elektrischen Ofen stattfindet. Nachdem man zuerst mit den gleichen Einsätzen für den Kupolofen gearbeitet hatte, konnte man bald feststellen, daß es möglich war, angesichts der feinernden Wirkung im elektrischen Ofen auch billigere Einsätze für den Kupolofen zu verwenden und ferner mit einem niedrigeren Kokssatz auszukommen. Dann ergab sich, daß dieser kombinierte Betrieb von großer Anpassungsfähigkeit ist und sich für die Fließarbeit aus dem Grunde besonders gut eignet, weil ständig Eisen in beliebiger Menge zur Verfügung steht. Wenn man den ersten Kupolofenabstich in den elektrischen Ofen hat fließen lassen, bleibt der Strom im letzteren noch uneingeschaltet, vielmehr erfolgt die Schaltung erst nach der Überführung des zweiten Kupolofenabstiches. Im elektrischen Ofen erfolgt die Überhitzung so lange, bis die gewünschte Analyse erhalten ist. Aus dem Grunde werden sowohl vom Kupolofenabstich als auch aus dem Bad im elektrischen Ofen öftere Proben vorgenommen. Der Kupolofenabstich erfolgt so, daß das vom elektrischen Ofen übernommene Eisen einen höheren Kohlenstoff- und niedrigere Silizium- und Mangangehalte aufweist als das Enderzeugnis aus dem elektrischen Ofen. Im Durchschnitt kann alle 6 min fertiges Eisen aus dem elektrischen Ofen entnommen werden, u. zw. wird das Eisen in eine zweite Pfanne abgestochen, die durch einen von dem Gießereiflur aus bedienten elektrischen Kran so bewegt wird, daß der Inhalt dieser Pfanne in kleinere Hängebahnpfannen von je 270 ... 360 kg Inhalt gekippt wird. Der elektrische Kran und das Kippen des elektrischen Ofens wird von nur einem Mann gesteuert, da die Steuerorgane für beide sich nebeneinander befinden. Der Stromverbrauch im elektrischen Ofen beziffert sich auf 90 ... 100 kWh/t, der Elektrodenabbrand auf 1,5 kg Graphitelektrode für 1 t Schmelzmenge, während das Gewölbe 1500 ... 3000 t, die Seitenwände 2500 ... 5000 t aushalten.

Die Vorteile, die sich aus dem kombinierten Verfahren ergeben haben, sind: zunächst wird ein hochwertiges Gußeisen mit hoher Festigkeit, Kerbzähigkeit und Brinellhärte bei guter Bearbeitbarkeit erzeugt; dann ist das Kupolofenschmelzen infolge der billigeren Gattierung und des niedrigeren Koksverbrauches billiger als sonst, so daß unter weiterer Berücksichtigung der Ausschaltung von Fehlguß durch die Anwendung des elektrischen Ofens der kombinierte Betrieb nicht teurer ist als mit Kupolofen allein. (The Iron Age Bd. 125, S. 1373.) *Kp.*

[1] Vgl. ETZ 1928, S. 1855.

Elektrische Messung der Walzwerksdrücke. — Das Messen von plötzlichen Beanspruchungen und Mittel zur Bestimmung ihrer Größe lassen sich durch das elektrische Telemeter von McCollum-Peters erzielen. Dieses Instrument wurde im Bureau of Standards der V. S. Amerika entwickelt. Der wichtigste Teil des Apparates besteht aus kleinen Kohlenwiderständen, die in einem metallischen Rahmen in solcher Weise befestigt sind, daß ihr Widerstand durch den Druck, der von der elastischen Formänderung des Rahmens verursacht wird, verändert wird, wenn derselbe einer äußeren Beanspruchung unterliegt, die gemessen werden soll. Die Veränderung im Widerstand wird in einem Wheatstone-Brückenstromkreis entweder zum Anzeigen oder zum Aufschreiben der Wirkung nutzbar gemacht. An Stelle des Galvanometers des normalen Brückenstromkreises kann ein Milliamperemeter für sichtbare Ablesungen benutzt werden, oder ein aufschreibendes Potentiometer oder ein Oszillograph, wenn es erwünscht ist, fortschreitende Aufschreibungen zu machen.

Das Telemeter, das zum Messen von Walzendrücken benutzt wird, ist von der Doppel-Widerstandsart, die den Vorteil eines geradlinigen Kennzeichens hat und für Temperaturwirkungen zum größten Teil ausgeglichen ist. Zum Gebrauch des Telemeters zum Messen von Walzwerksdrücken wird ein Druckstopfen benutzt, der aus einem Stahlzylinder von etwa 150 mm Höhe und von 127 bis 300 mm Dmr. je nach Leistung besteht. An der Oberfläche und parallel zur Achse des Zylinders sind drei Telemeter-Meßvorrichtungen in 120° Zwischenräumen angebracht. Die Stopfen sind nur für Verwendung des mittleren Teiles konstruiert, um die sogen. Endwirkungen (ungleiche Beanspruchungs-Verteilung) auszuschalten. Die drei Telemeter können zur Bestimmung des Durchschnittswertes in Serie verbunden oder an getrennte Brückenstromkreise für Einzelablesungen gelegt werden.

Jeder Stopfen mit Telemeter ist in einem Ring eingeschlossen, der eine Tafel für die Endklemmen trägt. In der Praxis werden die Stopfen anstatt der Brechtöpfe eingebaut. Alle Stopfen sind in einer Druckprüfmaschine kalibriert worden. Durch Verbindung des Oszillographen im Stromkreis kann der Wert der Abweichung gleichzeitig bestimmt werden. Aus den Oszillogrammen läßt sich die Belastung am Gerüst und an anderen Teilen leicht bestimmen, aber auch die tatsächliche Stichdauer. (W. L. de Laney, The Iron Age Bd. 127, S. 609.) *Ill.*

Physik und theoretische Elektrotechnik.

Materialverlust der Kathode von Metallbogen. — Für die heiß umstrittene Theorie der Bogenentladung und letzten Endes auch für die technischen Anwendungen des Bogens verspricht eine von Seeliger und Wulfhekel begonnene Untersuchungsreihe neue Aufschlüsse. Vorläufig ist der Materialverlust der Kathode untersucht worden, u. zw. ohne Rücksicht auf die Rückdiffusion po-

sitiver Metallatome aus dem Bogenpfade zur Kathode, jedoch unter Ausschluß eines allenfalls von der Anode ausgehenden Niederschlages (starke Kühlung der Anode). Die Niederschlagsmenge auf der den Bogen umgebenden Glaswand, auf der Anodenfläche und auf der Kathode (vernachlässigbar klein) wurde durch Titration bestimmt. Kathode und Anode bestanden aus verschiedenen Metallen (Kathode: Eisen, Kupfer oder Silber). Als Versuchsparameter dienten Stromstärke, Kathodenmaterial und -dicke, Füllgas, Gasdruck und Bogenlänge; die Brennzeit betrug jeweils 5 min. Die Versuche waren gut reproduzierbar, die Niederschlagsmengen stimmten mit weniger als 5 % Abweichung überein. Der meiste Niederschlag fand sich auf der Stirnfläche der Anode in einem kleinen zentralen Bereich. Einige der erhaltenen Kurven zeigen die Abb. 4 und 5.

Fe in Luft (70 cm)
Bogenlänge 2 mm

Abb. 4. Abhängigkeit von Stromstärke und Kathodendicke.

Fe in Luft, Strom 2 A
Kathodendicke 3 mm

Abb. 5. Abhängigkeit von Bogenlänge und Gasdruck.

Das Material wird hauptsächlich im Entladungsschlauch selbst transportiert, doch spielen auch Konvektionströme im umgebenden Gas eine Rolle. An der Verdampfung ist nicht nur der Brennfleck selbst, sondern auch seine weitere Umgebung beteiligt (der in Abb. 4 besonders in den Kurven für 4 und 5 mm erkennbare Knick bezeichnet diejenige Stromstärke, bei der die ganze Kathodenkuppe schmelzflüssig geworden ist; der Brennfleck ist viel kleiner als diese Kuppe). Aus den Kurven läßt sich weiter schließen, daß die Temperatur der Kathode mit der Bogenlänge steigt. Der Einfluß des Füllgases bleibt unklar. Die Verdampfung ist nicht einfach stromproportional, die Energiebilanz des Bogens darf also nicht unabhängig vom Strom aufgestellt werden! Der Kathodenfall oder die Verteilung der Ladungsträger (Elektronen- und Ionenanteil) oder beide werden von der Stromstärke abhängen. — In weiteren Untersuchungen soll die Trennung des Materialverlustes der Kathode von dem Materialgewinn durch Rückdiffusion versucht werden. (R. Seeliger und H. Wulfhekel, Ann. Phys. Bd. 6 [5. Folge], S. 87.) *Wi.*

Hochspannungstechnik.

Messung der Überschlagverzögerung an Kettenisolatoren. — Nach Torok und Ramberg beginnt der Durchbruch an einer Isolieranordnung erst bei dem Spannungswert, der bei ruhender Beanspruchung, d. h. unter technischer Frequenz zum Überschlag führt. Die Verzögerungszeit einer Isolieranordnung unter Stoßbeanspruchung sollte daher von dem Zeitpunkt an gerechnet werden, in dem die bei technischer Frequenz festzustellende Überschlagspannung überschritten wird. Das Ende der Verzögerungszeit bestimmt sich deutlich aus aufgenommenen Kathodenstrahl-Oszillogrammen durch den jähen Abfall der Spannung im Augenblick des Durchbruches. Abb. 6 zeigt die Art, wie aus der Aufnahme die Verzögerung ermittelt wurde; mangels bestimmter Angabe ist anzunehmen, daß die Spannungswerte gleichfalls aus den Oszillogrammen entnommen wurden.

Abb. 6. Ermittelung der Verzögerungszeit aus den aufgenommenen Oszillogrammen.

Im Versuchsfeld lassen sich Höhe und Anstieg der Stoßwellen wählen. Unter in ihrer Spannungshöhe veränderten Wellen möglichst steilen Anstieges mit annähernd gleichbleibendem Rücken erhält man eine „absolute" Verzögerungskennlinie, bei deren Aufnahme man meist, besonders bei den längeren Zeiten, die Stirn unberücksichtigt lassen kann. Eine solche Welle, die sich im Versuchsfeld gut erreichen läßt, mit einem Anstieg auf 2 MV Höhe innerhalb 0,75 µs und mit einem Abfall auf 75 % des Höchstwertes innerhalb von mindestens 25 µs entspricht recht genau einer tatsächlich bei einem Blitzschlage aufgenommenen Überspannungswelle. Findet anderseits der Durchbruch im Anstieg der Welle statt, so ist der Zeitpunkt oft nicht genau festzustellen; derartige Versuche bieten daher nicht die Möglichkeit zu einwandfreien Vergleichen.

Abb. 7. Überschlagspannung und Verzögerungszeit an Ketten verschiedener Gliederzahl.

Abb. 8. Überschlagspannung für Ketten bei verschiedenen Einwirkungszeiten.

Abb. 9. Stoßverhältnis für veränderliche Einwirkungszeit an Ketten verschiedener Gliederzahl.

Abb. 10. Verzögerungskennlinie von trockenen und beregneten Ketten.

Entsprechend den angeführten Überlegungen wurden Messungen an trockenen und beregneten Ketten von 3... 16 Gliedern mit Wellen ähnlich der oben beschriebenen vorgenommen; der Hochspannungspol war dabei positiv. Die aus den Oszillogrammen gefundenen Werte ergeben die Mittelkurven der Abb. 7; die Abweichungen der Einzelaufnahmen liegen meist innerhalb von 5 %, jedoch kommen gelegentlich auch 10 % vor. Für feste Verzögerungszeit ergibt die Spannung in Abhängigkeit von der Gliederzahl nahezu Gerade (Abb. 8). Das „Stoßverhältnis" in Abhängigkeit von der Zeit ergibt innerhalb enger Grenzen dicht zusammenliegende Kurven für die verschiedenen Gliederzahlen (Abb. 9), so daß man praktisch mit einer Mittelkurve für alle Anordnungen rechnen kann. Unter Stößen von mehr als 5 µs wirksamer Dauer zeigen beregnete Isolatorenketten gegenüber trockenen nur rd. 5 % niedrigere Überschlagsspannungen, bei noch kürzeren Beanspruchungzeiten verschwindet der Unterschied mehr und mehr (Abb. 10). Das Stoßverhältnis fällt schon bei 10 µs Einwirkungsdauer auf 1,2 und sinkt dann mit steigender Zeit nur sehr langsam. Eine Ausdehnung solcher Messungen auf alle betriebsmäßig verwendeten Isolieranordnungen würde einwandfreie Unterlagen zu einer sachgemäßen Abstufung der Isolation in Hochspannungsanlagen liefern, so daß man die zu erwartende Auswirkung von Überspannungswellen an einer frei gewählten Stelle geringster Gefährlichkeit vor sich gehen lassen könnte; allerdings müßten hierzu die in den Netzen tatsächlich auftretenden Wellenvorgänge nach Art und Häufigkeit besser erforscht werden, was aber mittels der bereits begonnenen

Versuche (Kathodenstrahl-Oszillograph, Klydonograph) sicher erreicht werden kann. (F. D. Fielder u. P. H. McAuley, El. World Bd. 94, S. 1019.) *Stk.*

Photographie elektrischer Feldbilder. — Die Purdue-Universität hat sich einen Apparat zur Beobachtung und Photographie elektrischer Feldlinien gebaut. Die Stücke, deren Feld zu untersuchen ist, z. B. ein Stützisolator, werden in einen von unten her stark beleuchteten Glastank gebracht; dieser wird zur Hälfte mit Kerosin, dann weiter mit Tetrachlor-Kohlenwasserstoff gefüllt; die Trennebene beider Flüssigkeiten soll etwa in Höhe derjenigen Stelle des Isolators liegen, deren Feldbild hergestellt werden soll. Streut man nun feine Kunstseidefasern in die Flüssigkeit, so sinken sie bis zur Trennschicht und stellen sich nach Anlegen von Spannung an das Prüfstück in Richtung der Feldlinien ein. Die konstruktive Ausführung des Apparats wird vom Verfasser noch näher beschrieben. (L. L. Carter, El. World, Bd. 95, S. 397.) *nkl*

Werkstatt und Baustoffe.

Preßmassen und geschichtete Preßstoffe als neuzeitliche Baustoffe der Fernmeldetechnik. — K. Hesse erörtert die in der Fernmeldetechnik als Baustoffe gebräuchlichen Preßmassen und geschichteten Preßstoffe nach Zusammensetzung und Eigenschaften. Alle Preßmassen setzen sich zusammen aus Bindemitteln, aus den meist zur Verbesserung der mechanischen Eigenschaften beigegebenen Faserstoffen (wie Holzmehl, Baumwolle, Asbestfaser u. a. m.), und aus Füllstoffen (Talkum, Marmor) zur Erhöhung der Oberflächenhärte und zur Beschwerung[1]. Eine Übersicht zeigt die Zusammensetzung der gebräuchlichen Massen nebst ihren wesentlichen Werkstoffeigenschaften Wärmebeständigkeit, Glutsicherheit, Biegefestigkeit, Zerbrechlichkeit der aus den Massen hergestellten Gegenstände und elektrische Eigenschaften. Preßmassen sind entweder gummihaltig oder gummifrei. Gummihaltige Preßmassen benutzen Kautschuk und Schwefel als Bindemittel, u. U. Asbest als Faserstoff und Steinmehle, Ruß, Zinkoxyd u. a. m. als Füllmittel; bei sonst günstigen Werkstoffeigenschaften weisen sie jedoch geringe Wärmebeständigkeit und Glutsicherheit auf und leiden ferner unter Alterungserscheinungen, sind auch verhältnismäßig teuer, so daß sie heute nur noch wenig gebraucht werden. Die gummifreien Preßmassen werden unterteilt in asphalthaltige Massen, Zement- und Wasserglasmassen, Zellulosederivate und Kunstharzpreßmassen. Asphalthaltige Massen benutzen Asphalt als Bindemittel, Zellulose oder Asbest als Faserstoffe und Steinmehl als Füllmittel, ihre Werkstoffeigenschaften sind durchweg ungünstig und ihre Benutzung für gering beanspruchte Teile ist nur auf ihre Billigkeit zurückzuführen. Demgegenüber weisen Zement- und Wasserglasmassen (mit Asbest als Faserstoff) weit bessere Eigenschaften, vor allem hohe Wärmebeständigkeit und Glutsicherheit auf; das Material wird daher für Konstruktionsteile an Schalteinrichtungen mit starker Funkenbildung benutzt. Zellulosederivate stammen entweder von Nitrozellulose oder von Azetylenzellulose ab; als Füllstoff dient Steinmehl. Nitrozellulosemassen werden in erhitzten Formen gepreßt, während Azetylenzellulosemassen in einem besonderen Spritzverfahren verarbeitet werden. Unter den Werkstoffeigenschaften sind besonders die elektrischen Eigenschaften und die geringe Zerbrechlichkeit günstig. Das Material wird besonders für kleinere Gegenstände der Fernmeldetechnik (wie Stecker, Spulenkörper, Sprechtrichter u. a. m.) benutzt. Die größte Verwendung finden indessen Kunstharzpreßmassen, vor allem Bakelit (Phenolformaldehyd). Das aus Formaldehyd und Karbolsäure gewonnene Bakelit wird mit Faserstoffen und Steinmehlen vermischt sowie gemahlen und dann durch hydraulische Pressen in heißen Formen gepreßt; ein Nacharbeiten der Preßstücke ist kaum nötig. Vorzügliche Werkstoffeigenschaften und schönes Aussehen kennzeichnen das Material; es dient vorzugsweise zur Herstellung von Gehäusen für Rundfunkempfänger und Lautsprecher. In neuester Zeit wird auch eine gleichwertige Preßmasse aus Harnstoff und Formaldehyd hergestellt, die sich durch weißliche Farbtönung auszeichnet. Die gummifreien Preßmassen sind einer auf den Materialeigenschaften aufgebauten Typung unterworfen und in vorläufig 9 Klassen zusammengestellt worden.

Schließlich erwähnt der Verfasser noch kurz die geschichteten Preßstoffe, bei denen z. B. Papierbahnen mit flüssigem Bakelit getränkt, aufeinander geschichtet und gepreßt werden. Beispiele hierfür sind Bakelit-Hartpapier und Bakelit-Hartleinenplatten. (Tel.- u. Fernspr.-Techn., Bd. 19, S. 180.) *But.*

[1] Vgl. ETZ 1927, H. 44 (Sonderheft zur Werkstofftagung).

Verschiedenes.

Ein neuartiger Rechenschieber für Elektrotechniker. — Ein nach Angaben von Baurat Erwin Besser, Dresden, hergestellter Rechenschieber[1] bezweckt, die zur Beleuchtung eines Innenraumes erforderlichen Glühlampen (Vorderseite Abb. 11 a u. b) und den zur Übertragung einer Leistung erforderlichen Querschnitt (Rückseite, Abb. 12 a u. b) ohne Kenntnis von Formeln und des Rechenschieberprinzips schnell und sicher zu ermitteln. Erreicht ist dies durch Verwendung

a) Prinzipskizze b) Rechenschieber

Abb. 11. Elektro-Praktikus (Vorderseite).

Aufgabe:

Ein Raum von 300 m² ist mit 50 Lux direkt zu beleuchten. 220 V. Wieviel Lampen zu wieviel Watt sind nötig?

Lösung:

1. Links auf 300 m² Lux einstellen.
2. Rechts oben den η-Pfeil auf 0,45 stellen (vgl. die seitliche Tabelle Abb. 1 b).
3. In der Mitte ist neben den Wattmarken (für 220 V gelten die unteren) gleichzeitig ablesbar:

entweder	4	Lampen	zu	500 W
oder	7	„	„	300 W
oder	11	„	„	200 W usw.

[1] Hersteller ist Dr.-Ing. Seehase, Berlin SO 36, Elsenstr. 1.

von zwei Zungen und gegenläufigen Teilungen. Durch diese Neuerung wird ermöglicht, vier gegebene Werte, z. B. Entfernung, Stromstärke, Stromartfaktor (z. B. $\sqrt{3}$) und cos φ, unmittelbar einzustellen. Einen Läufer besitzt daher der neue Schieber überhaupt nicht. Man kann vielmehr ohne jede Zwischeneinstellung sofort das Resultat ablesen. Ferner ist die Anordnung so getroffen, daß man nicht nur ein Resultat, sondern alle technisch möglichen Lösungen gleichzeitig ablesen kann, also beispielsweise den Spannungsverlust nicht nur für einen Querschnitt, sondern für alle genormten Querschnitte und die erforderliche Lampenzahl nicht nur für eine, sondern für alle Lampengrößen gleichzeitig. Dies ist für den Praktiker von Wert, weil er sofort einen vollkommenen Überblick über alle sich bietenden Möglichkeiten erhält und sich die passendste Lösung aussuchen kann, also nie zweimal einstellen muß.

a) Prinzipskizze b) Rechenschieber

Abb. 12. Elektro-Praktikus (Rückseite).

Aufgabe:

Auf 300 m sind 100 A zu übertragen. Anzuschließen ist ein Drehstrommotor in Dreieckschaltung. cos φ = 0,8 . 380 V. Zugelassener Spannungsverlust 5% = 19 V. Welcher Querschnitt?

Lösung:

1. Links auf 300 m 100 A einstellen.
2. Rechts unten den Drehstrom-Dreieckpfeil auf cos φ = 0,8 stellen.
3. In der Mitte neben den Querschnittsmarken gleichzeitig ablesbar:

bei 70 mm² 10,8 V Spannungsverlust
„ 50 mm² 15 V „
„ 35 mm² 22 V „ usw.

Die für zwei Beispiele gegebenen Prinzipskizzen und Abbildungen (Abb. 11 u. 12) zeigen die einfache Handhabung des neuen Schiebers und lassen erkennen, daß auch alle Einzelheiten aus der Praxis und für die Praxis geschaffen wurden. Die dem Schieber beigegebene Anleitung enthält außer einigen Beispielen für die Handhabung Angaben über die nach den neuen Leitsätzen der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft anzuwendenden Beleuchtungsstärken, über Wirkungsgrade usw. Der Rechenschieber ist nach Art des bekannten Rechenschiebers „Leichtbau" DRP in der Größe 25 × 144 mm ausgeführt und wird zum Preise von 2,60 RM unter dem Namen Elektro-Praktikus in den Handel gebracht. *Sb.*

Reichsverband des deutschen Elektro-Installateur-Gewerbes e. V. (VEJ). — Der Reichsverband des deutschen Elektro-Installateur-Gewerbes e. V., Frankfurt a. M., hielt vom 7. bis 8. VI. 1931 zu Kiel seinen 29. Verbandstag ab. Aus der Fülle der Anträge sei als besonders wichtig hervorgehoben der Antrag, eingebracht vom Landesverband Bayern e. V. des genannten Reichsverbandes, der die Einführung einer reichsgesetzlichen Genehmigungspflicht für das Elektro-Installateur-Gewerbe und eine entsprechende Änderung der Reichsgewerbeordnung zum Ziele hat. Trotz aller Bemühungen will es nicht recht gelingen, den zwischen der Vereinigung der Elektrizitätswerke und dem genannten Reichsverband vereinbarten Zulassungsgrundsätzen Geltung zu verschaffen. Man hofft deshalb durch die Einführung einer gesetzlichen Genehmigungspflicht, wonach der Betrieb des Elektro-Installateurs von der Beibringung eines Prüfungszeugnisses abhängig gemacht wird, das verderbliche Pfuschertum fernzuhalten und damit den Sicherheitsgrad elektrischer Anlagen in Stadt und Land erheblich zu erhöhen und das Volksvermögen vor großen Verlusten, die durch unsachgemäße Anlagen entstehen können, zu schützen.

R. Brückner-Hagen sprach über Kundenschutz für das Elektro-Installateur-Gewerbe und entwickelte einen großzügigen Organisationsplan für eine Neugestaltung der Absatz- und Verteilungsverhältnisse in der Elektrizitätswirtschaft, der unter Wahrung der Selbständigkeit der einzelnen Organisationen und ihrer Mitglieder eine vernunftgemäße Verteilung der Produktion unter Ausschluß unverantwortlicher Verteuerung des Produktes ins Auge faßt. Die Arbeiten an dieser wichtigen Frage schreiten rüstig fort. *of*

Jahresversammlungen, Kongresse, Ausstellungen.

Der Rundfunk auf der Großen Deutschen Funkausstellung, Berlin 1931. — Die vom 21. bis 30. VIII. stattfindende Ausstellung wird seitens des Rundfunks eine neuartige Sonderschau bringen, da die deutschen Rundfunkgesellschaften sich in Form einer „Deutschlandausstellung des Rundfunks" zu beteiligen beabsichtigen und in dieser Modelle und bildliche Darstellungen ihrer Arbeitsleistungen zeigen wollen. Auch der Ausschuß für Rundfunkstörungen wird wieder die inzwischen geleistete Förderungsarbeit zur Bekämpfung solcher Störungen behandeln, wobei sich die Störbefreiungsmittel und wichtige elektrische Haushaltsgeräte mit eingebautem Störschutz herstellenden Industriefirmen beteiligen. Schließlich sollen die im Anschluß an die Ausstellung im Berliner Sendebezirk ihre Tätigkeit beginnenden neuen Werbewagen der Reichs-Rundfunk-Gesellschaft in Betrieb vorgeführt werden.

19. Deutsche Ostmesse, Königsberg Pr. 1931. — Auf der vom 23. bis 26. VIII. stattfindenden Ostmesse, die auch wieder eine Technische- und Baumesse umfaßt, bringt das Ostpreußenwerk eine Übersicht „Elektrischer Helfer im Landhaushalt".

Internationale Industrie-Ausstellung Peping (China) 1933. — Nach Mitteilung des Deutschen Ausstellungs- und Messe-Amtes beabsichtigt die chinesische Zentralregierung, 1933 in Peping eine internationale Industrie-Ausstellung durchzuführen, für deren Organisation 5 Mill $ ausgeworfen worden sind. Sie soll Bergbau- und Bauingenieurwesen, Verkehrsgewerbe, Ackerbau- und Forstwirtschaft, Maschinenbau sowie die Eisenindustrie umfassen und dürfte nach Ansicht des Amtes der deutschen Industrie eine günstige Gelegenheit bieten, neue Beziehungen zur chinesischen Geschäftswelt anzuknüpfen.

Energiewirtschaft.

Bericht des Tarifstudienausschusses der NELA[1]. — Der Bericht für 1929/30 befaßt sich hauptsächlich mit drei Fragen: Grundgebührentarife für Großabnehmer, Tarife für Heißwasserbereitung und Blindstromkosten. Einleitend

[1] NELA-Veröffentlichung Nr. 15, März 1931, Preis: 45 cts für Nichtmitglieder.

wird mitgeteilt, daß die mittlere Einnahme aus Haushaltstrom für das am 30. VI. 1930 beendete Jahr mit 6,05 cts je kWh um 5 % gegenüber dem Mittel des Vorjahres gesunken sei. Der Verbrauch einer Haushaltung betrug im Berichtsjahr im Mittel 530 kWh/Jahr.

Zu der ersten der oben erwähnten Fragen werden an Hand des „Tarifbuches", das leider nur den amerikanischen Mitgliedern zugänglich ist, die Grundgebührentarife für Großabnehmer von 200 Elektrizitätswerken in Städten über 20 000 Einwohner untersucht. Hierbei wird festgestellt, daß man bei der überwiegenden Zahl der Tarife die höchste innerhalb einer Viertelstunde im Mittel gemessene Leistung der Leistungsgebühr des ganzen Jahres zugrunde legt[1], meistens erfolgt Messung und Verrechnung in Kilowatt. Einige Werke weichen von dieser ziemlich allgemein gebräuchlichen Methode ab und messen die mittlere Leistung innerhalb einer halben Stunde, verwenden mehrere (drei) Messungen zur Bestimmung der Leistungsgebühr, geben auf diese während niedrig belasteter Monate, besonders bei Saisonbetrieben, Nachlässe oder verrechnen Kilovoltampere anstatt Kilowatt.

Bezüglich der Heißwasserbereitung wird grundsätzlich zwischen Heißwasserspeichern und Durchlauferhitzern unterschieden, die eine verschiedenartige tarifliche Behandlung erfordern. Der Durchlauferhitzer hat eine Reihe von Vorteilen für den Abnehmer, dagegen ist der Heißwasserspeicher für das Elektrizitätswerk als Belastung wesentlich angenehmer. Dieses System wird daher durch niedrige Tarife unterstützt. Es sind zwei Tarifformen zu unterscheiden: Einheitstarife für Heißwasserspeicher und den übrigen Verbrauch des Haushalts, wofür im wesentlichen Blocktarife angewandt werden, und Spezialtarife bei völliger Trennung der Heißwasserspeicher von der übrigen Anlage. Für die erste Form gibt folgender Tarif ein Beispiel:

die ersten	25 kWh	10 cts/kWh
„ nächsten	75 „	5 „ „
„ „	100 „	3 „ „
darüber		1,5 „ „ .

Die gleichzeitige Benutzung des Heißwasserspeichers mit einem etwa vorhandenen elektrischen Herd verhindern Umschalter oder Relais. Für spezielle Heißwasserspeichertarife werden ebenfalls Blocktarife mit entsprechend niedrigen Strompreisen vorgeschlagen und Richtlinien für deren Anwendung gegeben. Eine Beschränkung in der Zeit der Stromentnahme für diese Zwecke (peak off) hält man für notwendig.

Zur Frage der Blindstromkosten ist dem Bericht als Anhang „Eine Studie über die Leistungsfaktorkosten und die Methoden seiner Beeinflussung" von H. A. Murphy beigegeben. Diese interessante Arbeit geht von den Ursachen der Phasenverschiebung aus, wobei u. a. auf die Verschlechterung des $\cos\varphi$ mit wachsender Polzahl der Asynchronmotoren, d. h. niedriger Umdrehungszahl sowie auf die Bedeutung der Netztransformatoren und Schutzdrosseln für die Höhe des Leistungsfaktors hingewiesen wird. Murphy untersucht sodann die dem Elektrizitätswerk durch die Phasenverschiebung und die Kompensation mit verschiedenen technischen Mitteln entstehenden Kosten. Der Kondensator wird hierbei für viele Fälle als die einzig in Frage kommende Einrichtung erwiesen. Der Verfasser hält die Kompensation beim Abnehmer für zweckmäßig, fordert jedoch, daß die diesem durch Erstellung und Betrieb der Kompensationseinrichtung entstehenden Unkosten nicht höher sein dürfen als die ihm letzten Endes zugute kommenden, hierdurch bewirkten Ersparnisse des Elektrizitätswerkes.

Nach einem kritischen Vergleich der gebräuchlichen Tarifformen kommt Murphy auf Grund seiner Untersuchungen zu dem Schluß, daß der kVA-Grundgebührentarif die geeignetste Form sei[2].

Der Bericht, der außerdem noch eine Reihe wichtiger Entscheidungen in Streitfällen über die Höhe von Strompreisen enthält, zeigt, wie die meisten von der NELA herausgegebenen Untersuchungen, die sorgfältige Verarbeitung umfangreichen Materials. Die zu den einzelnen Fragen gegebenen Anregungen und Vorschläge sind beachtlich.

Nissel.

Aus der deutschen Elektrizitätswirtschaft[3]. — Im Bereich der Preußischen Elektrizitäts-AG., Berlin, ist 1930 die Stromlieferung für industrielle und gewerbliche Zwecke teilweise erheblich zurückgegangen, doch zeigte sich in den überwiegend landwirtschaftlichen Gebieten und in den Städten weitere Nachfrage nach billigem Kraft- und Haushaltungstrom. Die Arbeitsabgabe erfuhr eine Erhöhung von 646,235 auf 682,827 Mill kWh, also um 5,7 %, die aber beträchtlich hinter den früheren Schätzungen zurückgeblieben ist, so daß es nicht möglich war, die inzwischen vollendeten Erweiterungsbauten der Kraftwerksanlagen ausreichend zu belasten. Von der genannten Energiemenge entfielen 203,518 Mill kWh (175,609 i. V.) auf die Nordwestdeutschen Kraftwerke AG., Hamburg. Die zum Interessenkreis der Berichterstatterin gehörenden Saarunternehmungen, die Kraftwerk Wehrden G. m. b. H. und die Vereinigte Saar-Elektrizitäts-AG. lieferten insgesamt 156,928 Mill kWh. Die Gesellschaft hat bei ihren Tochtergesellschaften einen Haushalttarif als Regelverbrauchtarif für Kochen und Heizen mit einem Preis von 10 Pf/kWh für die über den Regelverbrauch bezogene Kilowattstunde eingeführt und wird auch für das Kleingewerbe durch einen neuen Kleinkrafttarif Erleichterungen schaffen. Die Inbetriebnahme der 220 kV-Leitung Borken—Lehrte ermöglichte die Übertragung größerer Dauerleistungen von der genannten Zentrale in das nördliche Versorgungsgebiet. Mit der Arbeitsaufnahme der ersten Maschine des Speicherkraftwerks Bringhausen ist im Herbst zu rechnen; die Freiluftschaltanlage und die 220 kV-Verbindungsleitung nach Borken sind fertig. Gemeinsam mit der Stadt Oldenburg hat die Berichterstatterin die Oldenburgische Stromversorgungs-AG. gegründet und von dem 6 Mill RM betragenden Aktienkapital selbst 50 % übernommen. Die Stromerzeugungsanlagen der Stadt Oldenburg wurden in das Erzeugungsystem der Nordwestdeutschen Kraftwerke AG. eingegliedert. Der Plan einer zusammenfassenden Strombelieferung des Oldenburg-Ostfriesischen Wirtschaftsgebiets konnte durch Vereinigung des neu gegründeten Unternehmens mit der Weser-Ems-Stromversorgungs-AG. zur Stromversorgungs-AG. Oldenburg-Ostfriesland (10 Mill RM Aktienkapital) verwirklicht werden, deren Arbeitsgebiet die Angliederung des Kreisüberlandwerks Emden und die Übernahme des städtischen Elektrizitätswerks Brake vergrößerten. Weiter erwarb die Preag die Allerzentralen der Stadt Celle mit den Werken Oldau und Marklendorf, welch letztere sie zusammen mit der 60 kV-Hochspannungsleitung in die Verwaltung der Abteilung Hannover überführte, während das Verteilungsnetz in den Besitz der Hannover-Braunschweigischen Stromversorgungs-AG. gelangte. An der Stromversorgungs-AG. Weißenfels-Zeitz ist die Berichterstatterin ebenso wie die Elektrowerke AG. mit je 37 % des Aktienkapitals beteiligt; 26 % gehören den beiden Kreisen. Gegen Jahresschluß übernahm die Preag ferner die Überlandversorgung des Oberlahnkreises und des Kreises Wetzlar von den Buderus'schen Eisenwerken. Auf die Thüringer Gasgesellschaft hat sie maßgebenden Einfluß genommen und deren Aktienmajorität in Gemeinschaft mit der AG. Sächsische Werke erworben. Schließlich beteiligte sie sich maßgeblich an der Gründung der Continentalen Elektrizitäts-Union AG. in Basel. Die Nordwestdeutschen Kraftwerke AG., Hamburg, haben 1929/30 243,556 Mill kWh in das Netz geliefert (212,213 i. V.); bei der Hannover-Braunschweigischen Stromversorgungs-AG., Hannover betrug 1929 die nutzbare Stromabgabe 58,940 Mill kWh; die Westpreußische Überlandwerk G. m. b. H., Marienwerder, hatte insbesondere durch Verlust ihrer Verbindung mit der Überlandzentrale Westpreußen (jetzt Pomorze im Korridor) einen geringen Rückgang des Stromabsatzes, der inzwischen durch Übernahme des Kreises Rosenberg (Wpr.) wieder ausgeglichen worden ist; der Licht- und Kraftbetrieb der Überlandwerke und Straßenbahnen Hannover AG. wurde von Beginn 1929 ab an die Hannover-Braunschweigische Stromversorgungs-AG. veräußert. Betriebsüberschuß: 17 462 577 RM (13 002 213 i. V.), Reingewinn: 7 631 469 RM (5 623 395 i. V.), Dividende: wieder 6 % auf 125 Mill RM Aktienkapital, das nunmehr auf 155 Mill RM erhöht worden ist.

Der in der zweiten Hälfte des Geschäftsjahres 1930 bei der AG. Sächsische Werke, Dresden, beobachtete rasche Rückgang der Stromlieferung drückte sich vorwiegend in einer Verminderung der Abgabe an die Industrie um 12,5 % und an die Elektrizitätswerke um 7 % aus, während die Versorgung von Landwirtschaft, Haushalt und Gewerbe im eigenen Verteilungsgebiet der Berichterstatterin durch erfolgreiche Werbung um 11,5 % gesteigert werden konnte. „Bei der ungünstigen Entwicklung der wirtschaftlichen Verhältnisse," so sagt der Vorstand, „ist für die strombeziehenden Elektrizitätswerke und industriellen Abnehmer der Umstand besonders vorteilhaft, daß sie mit dem Übergang zum Strombezug den Aufwand von Kapital für eigene Krafterzeugungsanlagen erspart

[1] In Deutschland wird meist die mittlere Leistung während einer halben Stunde gemessen.

[2] Vgl. Nissel, Der Einfluß des $\cos\varphi$ auf die Tarifgestaltung der Elektrizitätswerke, ETZ 1928, S. 1678; auch im Verlag von Julius Springer, Berlin, 1928. Diese Arbeit kommt zu den gleichen Grunderkenntnissen und zu derselben Tarifform.

[3] Vgl. ETZ 1931, S. 978.

haben, dessen Verzinsung und Tilgung sie bei dem eingetretenen Rückgang des Energiebedarfes besonders belastet haben würde. Die Möglichkeit, von der ASW Strom in jedem Umfange zu günstigen Preisen beziehen zu können, ist für die sächsische Wirtschaft bei ihrer derzeitigen Lage eine besonders wertvolle Stütze." Erzeugt wurden in den Wärmekraftwerken 958,641 Mill kWh (896,879 i. V.) und in den Wasserkraftwerken 28,988 Mill kWh (16,903 i. V.), so daß die Erzeugung abzgl. der Umsetzung Niederwartha mit 52,390 Mill kWh 935,239 Mill kWh (913,782 i. V.) betrug und nebst dem Bezug von 112,367 Mill kWh (204,596 i. V.) insgesamt 1047,606 Mill kWh ausmachte (1118,378 i. V.). Die Jahreshöchstbelastung stellte sich auf 240 500 kW (267 500 i. V.) und war im Kraftwerk Böhlen mit 129 300 kW (129 200 i. V.) wieder am größten. Nutzbar abgegeben haben die ASW an fremde Elektrizitätswerke 606,189 Mill kWh (651,077 i. V.) und an die Abnehmer in den unmittelbaren Versorgungsgebieten der Elektrizitätswerke 241,244 Mill kWh (265,828 i. V.), im ganzen mithin 847,433 Mill kWh (916,905 i. V.), so daß sich eine Abnahme um 7,5 % ergibt. Auf die eigenen Betriebe entfielen 64,971 Mill kWh (68,868 i. V.). Erwähnt wird im Bericht der Bau einer zweiten 100 kV-Doppelleitung von Hirschfelde nach dem Umspannwerk Niederwartha. Erträgnisse aus Betrieben und Beteiligungen: 29 288 493 RM (30 127 891 i. V.), aus Sonstigem: 4 526 372 RM (375 000 RM), Reingewinn: 5 379 581 RM (6 672 772 i. V.), Dividende: 7 % auf je 20 Mill RM Aktien Lit. A und B des insgesamt 100 Mill RM betragenden Aktienkapitals (10 % auf Lit. A, 5 % auf Lit. B i. V.).

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Fachsitzung

für elektrisches Nachrichtenwesen am 21. Mai 1931 in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg.

Besprechung des Vortrags[1]

des Herrn Dipl.-Ing. Jaumann

„Hochfrequenz-Meßgeräte".

Vorsitz: Herr Ministerialdirektor Dr.-Ing. E. h. Kruckow.

Vorsitzender: In Vertretung des Vorsitzenden der Fachgruppe, des Herrn Ministerialdirektor Arendt, der sich gerade auf einer China-Japan-Reise befindet, eröffne ich die Sitzung und begrüße Sie herzlich. Mit geschäftlichen Mitteilungen habe ich nicht aufzuwarten. Ich darf daher Herrn Dipl.-Ing. Jaumann bitten, seinen Vortrag über „Hochfrequenz-Meßgeräte" zu halten.

(Folgt Vortrag.)

Vorsitzender: Meine Herren, Ihr Beifall hat gezeigt, daß der Herr Vortragende ein außerordentlich interessantes und vor allen Dingen sehr zeitgemäßes Thema gewählt hat, das gerade jetzt eine sehr große Bedeutung zu gewinnen scheint. Allen denjenigen, die die Entwicklung der Meßkunde in der Fernmeldetechnik im Laufe der letzten Jahre mitgemacht haben, wird sich bei den Ausführungen des Herrn Vortragenden ein Vergleich aufgedrängt haben. Es hat auch in der Fernmeldetechnik sehr lange gedauert, bis wir zu objektiven Messungen übergegangen sind, und vor allem, bis wir es erreicht haben, die Theorie der Leitung auch tatsächlich durch Messungen zu kontrollieren, und das, was bei den Messungen herauskam, umgekehrt wieder in die Praxis umzusetzen. Ein ähnlicher Vorgang vollzieht sich jetzt auf dem Gebiete des Funks. Bisher ist es sehr schwer gewesen, den verschiedenen Meinungen, die sich über die Wirkungsweise sowohl der Empfangsgeräte wie der Sender gebildet haben, mit positiven Daten entgegenzutreten. Erst in der letzten Zeit widmet man sich dieser Aufgabe immer mehr, und es ist außerordentlich dankenswert, daß die Firma Siemens sich der Mühe unterzogen hat, in umfangreichen Arbeiten solche Geräte zu entwickeln. Ich glaube, es ist von keiner andern Firma auf diesem Gebiete dasselbe erreicht worden. Ich lasse mich natürlich gern eines Besseren belehren. Aber soweit ich die Entwicklung überschaue, ist das wohl kaum der Fall. Es ist sehr wertvoll, daß wir jetzt in die Lage kommen, die Feldstärke einwandfrei festzustellen und die Störpegel zu bestimmen; denn Sie wissen alle, daß die Gegensätze zwischen Starkstrom und Schwachstrom wegen ihrer gegenseitigen Beeinflussung auf dem Fernmeldegebiet im wesentlichen klar liegen, was bei der Funkerei noch nicht in demselben Maß der Fall ist. Diese Interessengegensätze lassen sich wesentlich leichter ausgleichen, wenn man objektive Messungen zur Verfügung hat. In diesem Sinn sind die Ausführungen des Herrn Vortragenden außerordentlich zu begrüßen. Ich will nur hoffen, daß die nächste Zeit uns in der Erkenntnis auf diesem Gebiete wesentlich weiterbringen wird.

Ich eröffne nun die Aussprache und bitte um Wortmeldung.

Herr **Bäumler:** Ich möchte fragen, welche Feldstärke man größenordnungsmäßig mit dem Feldstärkemesser messen kann.

Vortragender: Das hängt von der Größe der Antenne ab, die man verwendet. Wir können Spannungen bis $2 \cdot 10^{-5}$ V messen. Wenn Sie eine Antenne von 10 m wirksamer Höhe voraussetzen, wären es Feldstärken bis 2 µV/m.

Herr **Brückmann:** Weshalb wird bei der Verlustwiderstandsmessung von Kapazitäten als Schwingungserzeuger ein Dynatron verwendet?

Vortragender: Das Dynatron wird nicht bei der Induktivitätsmessung, sondern bei der Messung der Verluste von Kapazitäten verwendet. Das Prinzip beruht darauf, daß man den Verlustwiderstand des Kondensators durch einen negativen Widerstand ausgleicht, und das kann man am reinlichsten durch Verwendung einer Dynatronschaltung erreichen. Bei Verwendung einer Rückkopplung würden noch andere Effekte auftreten, die nicht so leicht zu überblicken wären. Man hat hier auch die Möglichkeit, sehr fein zu regeln, so daß man den Abreißpunkt präzis einstellen und auf diese Weise den Verlustwiderstand auf 1/10 Ω genau messen kann.

Herr **X:** Wie wird die Verstärkung des Hochfrequenzverstärkers konstant gehalten?

Vortragender: Mit Hilfe der Kombinationschaltung, die ich vorhin gezeigt habe.

Herr **X:** Das ist doch ziemlich abhängig von der Spannung, und diese ist doch nicht konstant.

Vortragender: Die Heizspannung muß genau stimmen. In dem Gerät sind Buchsen vorgesehen, welche gestatten, die Anodenströme der Röhren zu kontrollieren. Sehr empfindlich ist die Schaltung diesbezüglich nicht; sie wird es nur dann, wenn man eine ideale Geradlinigkeit verlangt. Aber bei zugelassenen Schwankungen der Verstärkung um ± 1/10 oder 5/100 Neper hat man keine Schwierigkeiten auch mit normalen Röhren ohne besondere Vorkehrungen. Die Heizspannung der Röhren muß allerdings genau eingestellt werden. Zu diesem Zweck sind ein Heizspannungsvoltmeter und ein Regler eingebaut. Den aperiodischen Verstärker können Sie hier sehen.

Herr Prof. **Salinger:** Ist es nicht nötig, die Übertrager statisch abzuschirmen, besonders bei der Differentialbrücke, bei der die Primärseite des Übertragers in der Mitte geerdet ist, während sekundär eine Röhre angeschaltet ist? Es ist hier ein Übertrager beschrieben worden, bei dem das anscheinend nicht der Fall ist.

Vortragender: Eine gewisse Abschirmung ist bei dem Übertrager der Differentialbrücke vorgesehen, allerdings in einfachster Form. Immerhin tut man gut, auch bei dieser wenig störempfindlichen Schaltung einen Schirm zwischen die Differential- und die Anzeigewicklung zu legen. Bei den anderen Hochfrequenz-Übertragern dagegen kommt eine Abschirmung nicht in Betracht, weil die gegenseitigen Kapazitäten nicht schädlicher sind als die Eigenkapazitäten der Wicklungen und diese bei der Dimensionierung ohnehin berücksichtigt werden müssen.

Vorsitzender: Wird weiter das Wort gewünscht? — Das scheint nicht der Fall zu sein. Dann glaube ich in

[1] ETZ 1931, S. 985.

Ihrer aller Sinne zu handeln, wenn ich dem Herrn Vortragenden unsern herzlichsten Dank ausspreche. (Lebhafter Beifall.)

Elektrotechnischer Verein.
Der Generalsekretär:
Dr. Schmidt.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker
(Eingetragener Verein).

Geschäftstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 7 Pallas 7286.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker
Berlin W 57, Kurfürstenstraße 15/16.

Betr.: Änderung der Satzung der VDE-Prüfstelle.

Der Beirat der VDE-Prüfstelle hat verschiedene Änderungen der bisher geltenden Satzung der VDE-Prüfstelle beschlossen; diese sind vom Vorstand des Verbandes Deutscher Elektrotechniker genehmigt worden. Ein Neudruck der geänderten Satzung befindet sich in Arbeit. Dieser wird denjenigen Firmen, welche das Recht zur Führung eines Verbandskennzeichens von der VDE-Prüfstelle erhalten haben, in Kürze zugestellt werden.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.
Zimmermann.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

E. Rühle †.

Nach kurzem Leiden starb unerwartet am 18. VII. 1931 der Chefelektriker und Betriebsdirektor der Berliner Städtische Elektrizitätswerke AG., Dr.-Ing. E. h. Ernst Rühle. Die Elektrizitätswirtschaft, besonders die der großen Städte, verlor in ihm einen ihrer besten Fachleute, der sich weit über die Grenzen seines Unternehmens hinaus eines hohen Ansehens erfreute.

Rühle wurde 1863 in Liebenau, Kreis Liegnitz, geboren. Er studierte in Bonn und Berlin Mathematik und Physik und später in Braunschweig bei Professor Weber und in Darmstadt Elektrotechnik. Durch seine Tätigkeit bei dem Elektrizitätswerk in Rheinfelden trat Rühle unmittelbar in die Elektrizitätsversorgung ein, der er von nun an seine ganze Lebensarbeit widmete. Seine wertvollen Fähigkeiten entfaltete Rühle jedoch erst, als er im Jahre 1904 zu den Berliner Elektrizitätswerken übertrat, denen er bis zu seinem Tode angehörte. In unermüdlicher, rastloser Arbeit als Betriebs- und Bauingenieur löste Rühle die mannigfachen Aufgaben, die die rasche Entwicklung der Stromversorgung der Weltstadt Berlin mit sich brachte. Er betrachtete die Probleme nicht allein vom theoretischen und betriebstechnischen Standpunkte aus, sondern maß der wirtschaftlichen Steite stets ebenfalls besondere Bedeutung zu. Weit vorausschauend erkannte er die kommenden Probleme der Zukunft und ging mit großer Entschlußfreudigkeit an die ihm mehr gefühlsmäßig richtig erscheinende Lösung der Aufgaben, ohne erst die Einzelklärung abzuwarten. Gerade in den Zeiten schneller Entwicklung war diese Eigenschaft Rühles der Bewag insofern von größtem Nutzen, als dadurch der richtige Augenblick für die technisch richtigen Maßnahmen nicht verpaßt wurde.

Auf seine Initiative ist die vor 10 Jahren erfolgte Gründung der Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen zurückzuführen. Diese Gesellschaft ehrte ihn noch kurz vor seinem Tode durch die Ernennung zu ihrem persönlichen Mitglied. In Anerkennung seiner Pionierarbeit auf dem Gebiete der elektrischen Kraftübertragung verlieh ihm die T.H. Berlin im Jahre 1929 die Würde eines Dr.-Ing. E. h.

Rühle war sehr rührig in vielen VDE- und VEW-Kommissionen und Ausschüssen tätig und war Mitglied des Hauptausschusses des Elektrotechnischen Vereins. Sein reiches Fachwissen, seine großen Bau- und Betriebserfahrungen sowie seine hervorragenden menschlichen Eigenschaften verschafften ihm die Wertschätzung aller Fachkollegen. Gerade wegen seiner ständigen Hilfsbereitschaft, seines humorvollen und heiteren Wesens, seines geraden und offenen Charakters, seiner väterlichen Für-

E. Rühle †.

sorge für alle ihm Unterstellten und seiner liebevollen Förderung des technischen Nachwuchses wird er all denen, die ihn näher kannten, in dauernder ehrenvoller Erinnerung bleiben.

O. Rösing †. — Am 7. VII. 1931 verschied infolge eines Herzleidens Herr Oskar Rösing, der Direktor des städtischen Elektrizitätswerkes Düsseldorf. Noch im Frühjahr konnten wir die frohe Nachricht bringen[1], daß Herr Rösing am 1. II. 1931 auf eine 25jährige ununterbrochene Tätigkeit bei der Stadtverwaltung Düsseldorf zurückblicken konnte. Wir haben damals seine Verdienste nicht nur um das Elektrizitätswerk Düsseldorf, dessen Leiter er war, sondern auch um die gesamte deutsche Elektrizitätswirtschaft gewürdigt.

Wir stehen tief erschüttert an der Bahre dieses Mannes, der unserem Verein jahrelang Führer gewesen ist. Auch nachdem er erst vor kurzem seine Tätigkeit als Vorstandsmitglied eingestellt hat, hat er immer wieder, wenn wir bei ihm uns Rat holen wollten, unsere Bemühungen auf das wärmste mit Rat und Tat unterstützt.

Wir werden ihm alle Zeit ein treues Andenken bewahren. Elektrotechnischer Verein Düsseldorf E. V.

Auszeichnungen. — Die T. H. Breslau hat Herrn Leo Kuhl, Abteilungsdirektor der Siemens-Schuckertwerke, Berlin, in Anerkennung seiner bahnbrechenden Arbeiten und seiner Verdienste bei der Schaffung des elektrischen Einzelantriebes für die Faser- und Werkzeugmaschinen-Industrie die Würde eines Dr.-Ing. E. h. verliehen.

LITERATUR.

Besprechungen.

Der praktische Starkstrom-Betriebstechniker. Von Ing. P. Seeger. (Bd. 18 der Ill. Handwerker-Bibl.) Mit 564 Abb., einer Beilage u. zahlr. Tab., VIII u. 383 S. in gr. 8°. Verlag Ernst Heinrich Moritz (Inh. Franz Mittelbach). Stuttgart 1930. Preis geh. 20 RM, geb. 25 RM.

Das Buch will den Unterricht an Berufsschulen und Meisterkursen unterstützen und den in der Praxis stehenden Betriebstechnikern und Monteuren die Eigenschaften

[1] ETZ 1931, S. 254.

und Schaltungen der Maschinen, Transformatoren und Akkumulatoren näherbringen. Sein Inhalt gliedert sich in: Betriebseigenschaften und Schaltungen von Generatoren und von Motoren für Gleich- und Wechselstrom, von Umformern und Gleichrichtern, Transformatoren sowie Akkumulatoren. Den Schluß bildet ein Abschnitt über Isolationsmessungen sowie ein Anhang mit Zahlentafeln und Angaben über Kleinautomaten und Riemenantrieb.

Der Verfasser hat sich demnach auf Teile des großen Gebietes, das der Titel umfaßt, beschränkt. Fehler an Maschinen, die Anlaß-, Steuer- und Schaltgeräte sowie die Schaltungen von Antrieben sind nicht näher behandelt. Im einzelnen zeigt das Buch die sorgfältige Arbeit eines in Praxis und Theorie erfahrenen Fachmannes. In den Erklärungen und Abbildungen ist das Wesentliche richtig und klar in der für den Leserkreis passenden Art dargestellt, Fehler sind nur wenige zu finden.

Für eine spätere Auflage wäre zu wünschen, daß die einzelnen Abschnitte besser gegeneinander abgewogen würden. Einem Übermaß an manchen Stellen, z. B. den Abbildungen von Schalthäusern, von Parallelschaltungen für Wechselstromgeneratoren, von Einphasenmotoren, Gleichrichtern, von zweipoligen Ankerwicklungen für Gleichstrom steht eine auffallende Kürze, z. B. bei den Einankerumformern, den Gleich- und Drehstromwicklungen für größere Polzahl gegenüber. Über die „Gleichstrom"-Stabwicklungen für Synchron- und Asynchronmaschinen ist nichts zu finden. Daß auch der Verfasser, trotz des mehrfachen Hinweises auf die Regeln des VDE, den Ausdruck „Wechselstrom" für Einphasenstrom gebraucht, ist zu bedauern.

Gegenüber dem Gebotenen fallen die Mängel nur wenig ins Gewicht, das Buch kann daher bestens empfohlen werden. K. Hoerner.

Der Einkauf in der Metallindustrie. Von Dr.-Ing. B. Buxbaum. Mit 40 Abb., XI u. 153 S. in 8°. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1931. Preis geb. 12,50 RM, f. VDI-Mitgl. 11,25 RM.

Einkauf in der Metallindustrie bedeutet: Einkaufen nach technischen Gesichtspunkten, nach Güte, nach gesteigerter Güte. Billiger, billigster Einkauf mag für den Warenhandel gelten, hier aber heißt es: sich vertraut machen mit den Erfordernissen der Verarbeitungsbetriebe, mit den Qualitätsanforderungen, mit den Prüfverfahren, den Normungsmethoden usw. Nur ein Werturteil darüber hat Geltung, was die eingekaufte Ware für den Betrieb wert ist, dazu hat allerdings bei vielen Gelegenheiten der Einkäufer sich noch zu fragen: was erfordert das Gesamtinteresse; er muß also auch eine Ader für den Verkauf haben.

Buxbaum will den Einkauf von technischem Geiste durchdrungen sehen, er will, daß der Einkauf eine geschlossene kaufmännisch-technische Einheit bildet. Für ihn heißt es nicht: entweder technisch oder kaufmännisch, sondern: sowohl als auch. Kaufmann und Techniker müssen sich auch im Einkauf ergänzen, dann erst entsteht die höchste Leistung, die richtige Auswertung aller Gegebenheiten. Der Normung widmet Buxbaum viel Aufmerksamkeit. Hier sieht er die Möglichkeit zur Vereinfachung, die bessere Übersicht, die Aussonderung und Säuberung von Scheinwerten und, mit Recht, die Vorbedingung zu zentralisiertem Einkauf mit allen seinen Vorteilen. Mit fortschreitender Normung und Typisierung der Gegenstände wächst also die Bedeutung des Zentraleinkaufes; deshalb soll dieser ein Förderer und Hüter der Normung sein. Buxbaum will ihm eine Schlüsselstellung geben und die Rolle eines Knotenpunktes im Getriebe des Konzernes zugewiesen wissen. Mit solchen Forderungen bringt der Verfasser keineswegs Zukunftsmusik, sondern, fußend auf den Erfahrungen der Vergangenheit, der Kriegs-, Inflations- und Rationalisierungsepochen, wurzelt er stark in der Gegenwart und entwickelt aus ihr das zu erstrebende Zukunftsziel. Mit scharfem Wort geißelt Buxbaum überlieferte Anschauungen und Methoden, leuchtet, in bunter Reihenfolge, hinein in „Meisterwirtschaft", warnt vor dem Ankauf von Gelegenheits- und Restposten, für ihn heißt es im Einkauf mit steter Kritik sagen: was kann und wie kann es besser gemacht werden.

In flottem, flüssigem Stil, gleichsam im Unterhaltungston, behandelt der Verfasser die spröde Materie; manchmal allerdings verliert er sich etwas zu sehr ins breite unter Anführung allzu bekannter Erfahrungstatsachen. Darunter leidet aber nicht die Klarheit und Übersichtlichkeit des Werkes. Es ist mit zahlreichen Formularvordrucken durchsetzt und gibt dadurch eine anschauliche Darstellung über die interne Organisation des Beschaffungswesens eines Großbetriebes der Metallindustrie. Daß ihm bei diesen Formularen Wertbeurteilungen, Prüfverfahren und statistische Verfolgung von Werkzeugen und Werkzeugmaschinen die Hauptsache sind, ist aus der Natur seiner Umgebung verständlich und im Thema gegeben. Es liest sich gut, wenn der Verfasser schreibt, der Einkauf müsse seine stete Unzufriedenheit bekunden mit überkommenen und gewohnten Verfahren, und daß das Wort „das haben wir immer so gemacht" für ihn keine Geltung haben dürfe. Der Einkauf soll aktiv und stets agil sein.

So wendet sich das Buch an alle fortschrittlich eingestellten Einkäufer — in diesem Sinne über das Sondergebiet der Metallindustrie hinaus —, die die vielfachen Möglichkeiten sehen sollen, vorausgesetzt, daß sie sie mit wachem Auge sehen wollen. Es sollte daher in all den Kreisen, an die es sich wendet, gelesen — und sein Inhalt beherzigt werden. Herm. Körber.

H. Rietschels Leitfaden der Heiz- und Lüftungstechnik. 9. verb. Aufl. Von Prof. Dr.-Ing. H. Gröber. Mit einem Abschnitt über Hygiene v. Prof. Dr. med. J. Bürgers. Mit 299 Textabb., 20 Zahlentaf. u. den Hilfstafeln I—VII. XV u. 293 S. in 4°. Verlag Julius Springer, Berlin 1930. Preis geb. 36 RM.

Die Einteilung des einbändigen Lehrbuches in einen ersten Teil für Beschreibungen, einen zweiten Teil für Berechnungen und einen dritten Teil für Zahlentafeln ist beibehalten worden.

Der 1. Teil, der in übersichtlichster Weise und auch für den weniger geschulten Fachmann verständlich die Beschreibungen der örtlichen Heizungen, Zentralheizungen und Lüftungsanlagen enthält, erfuhr gegenüber der 8. Auflage keine wesentlichen Änderungen. Die besondere Aufmerksamkeit, die der baulichen Anordnung und Ausführung der Schornsteine, Kesselräume und Kokslager zugewendet wird, gibt nicht nur dem reinen Heizungsingenieur, sondern auch dem Architekten zahlreiche wertvolle Winke. Den Schlußabschnitt dieses Teiles bildet wieder das von Herrn Prof. Dr. med. J. Bürgers, Vorsteher des Hygienischen Instituts in Königsberg, verfaßte und nach neuesten Forschungen ergänzte Kapitel über „Die hygienische Bedeutung der Heizung und Lüftung".

Im 2. Teil werden im einzelnen die einschlägigen Berechnungsverfahren behandelt und durch Beispiele verdeutlicht. Zwei für das Heizungsfach wichtige Neuerungen, nämlich die inzwischen als Dinorm anerkannten „Regeln für die Berechnung des Wärmebedarfs von Gebäuden und für die Berechnung der Kessel- und Heizkörpergröße von Heizungsanlagen" und die zum Abschluß gebrachte „Rohrnormung mit Rohrbemessung für die verschiedenen Heizsysteme" wurden hierbei erstmalig berücksichtigt und machten eine völlig neue Berechnung der Hilfstafeln und Beispiele nötig.

Der 3. Teil enthält die Zahlentafeln, die dem heutigen Stand der Forschung entsprechend geändert und ergänzt worden sind.

Zusammenfassend muß festgestellt werden, daß der Verfasser auch diesmal wieder die schwierige Aufgabe, ein so klassisches Werk, wie es der Leitfaden der Heiz- und Lüftungstechnik für unser Fach ist, noch zu verbessern, bestens gelöst hat. Seine Anschaffung kann daher allen engeren und weiteren Fachgenossen, dem planenden Architekten sowie dem berechnenden und ausführenden Ingenieur, dem Meister und dem Lehrling angelegentlichst empfohlen werden. H. Behrens.

Zeitschriften.

Bayerische Industrie- und Handelszeitung und Süddeutsche Wirtschafts- und Exportzeitung. 1931, Nr. 21/22. Sonderheft „Das Dampfkraftwerk Schwandorf". Verlag F. C. Mayer, G. m. b. H., München 2 C.

Die Bayerische Industrie- und Handelszeitung, München, hat ein Sonderheft über das neue Dampfkraftwerk Schwandorf der Bayernwerk AG. herausgegeben. Der Verfasser A. Reinauer behandelt neben den mit diesem Werk zusammenhängenden wirtschaftlichen Problemen auch die technische Seite. Eine eingehende Beschreibung befaßt sich mit dem baulichen und maschinellen Teil; auch der Kohlen-, Wasser- bzw. Dampfweg werden erörtert und sämtliche Nebenanlagen sowie Hilfsbetriebe angeführt. Mit Hilfe von 4 Zeichnungen und 16 Bildern entsteht eine klare und wertvolle Monographie des Werkes. W. Kraska.

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Die deutsche Elektroindustrie im 2. Vierteljahr 1931[1]. — Von der Industrie- und Handelskammer zu Berlin wird berichtet: Angesichts der wirtschaftlichen Bedrängnis ihrer behördlichen und privaten Kundschaft hatten die elektrotechnischen Fabriken unverändert schwer unter Arbeitsmangel zu leiden. Nur vereinzelt war ein vorübergehender Saisonaufschwung zu bemerken. Wo er eintrat, hat er sich nur ganz kurze Zeit gehalten. Der geringe Umfang der Bautätigkeit verhinderte eine Zunahme der elektrischen Anschlüsse. Dadurch wurde die Installation von Gebäuden und Wohnungen, die Ausstattung mit Beleuchtungs- und Fernsprechmaterial wie auch der Verkauf von elektrischen Haushaltsapparaten aller Art sehr eingeschränkt. Die Industrie war durchweg außerstande, größere Aufträge zu erteilen. Im Kohlenbergbau lagen die Halden voll, die Eisenindustrie arbeitete z. T. nur einige Tage der Woche, die Textilindustrie hatte nur auf einzelnen Teilgebieten eine schwache, rasch vorübergehende Frühjahrssaison, die Maschinen-, insbesondere die Werkzeugmaschinenbetriebe waren unzureichend beschäftigt. Überall fehlte es an Vertrauen zu einer bevorstehenden Aufwärtsbewegung. Die überaus ungünstige Finanzlage bei den Gemeinden machte auch mit diesem Teil der Kundschaft erfolgreiche Abschlüsse unmöglich; sämtliche Kommunalanlagen litten unter dem Mangel an Verkehr sowie unter der unzureichenden Kaufkraft. Installateure und sonstige Wiederverkäufer zeigten sich nicht finanzkräftig genug, Lager auch nur kleinen Umfanges zu halten. Sowohl die Anlagen zur Erzeugung und Verteilung von Strom wie die Fabriken für elektrische Maschinen, Kabel und Apparate der Stark- wie der Schwachstromtechnik waren daher dauernd nur schwach beschäftigt. Als günstige Ausnahmen sind zu nennen eine Anzahl von allerdings zu unvorteilhaften Kreditbedingungen abgeschlossenen Geschäften mit Rußland als Erfolg des von deutschen Industrievertretern im April in Moskau abgestatteten Besuchs und vereinzelte größere Aufträge der Reichsbahn-Gesellschaft, die aber von den Lieferfirmen finanziert werden müssen. Finanzierungs-, Liefer- und Zahlungsbedingungen waren auch bei allen anderen Aufträgen ungünstiger und hemmten die an und für sich schon geringe Geschäftstätigkeit. Das Auslandsgeschäft ließ sowohl in Europa wie in Übersee weiter nach. Der allgemeinen Wirtschaftslage entsprechend ging auch der Umsatz des Radiohandels zurück. Die Radioindustrie trifft z. Z. Vorbereitungen für die im August beginnende neue Rundfunksaison.

Elektrotechnischer Außenhandel der V. S. Amerika[2]. — Die vorläufigen Angaben über die Ausfuhr elektrischer Maschinen, Apparate und Zubehörteile zeigen, daß diese im Februar 1931 mit 7 303 862 $ um 4 076 842 $ (fast 36 %) hinter der des Parallelmonats von 1930 (11 380 704 $) zurückgeblieben ist. Die Abnahme betraf u. a. vorwiegend Turbogeneratorensätze, Akkumulatoren, Taschenlampenbatterien, Transformatoren, Umformer, Motoren, Waschmaschinen, teilweise auch Radiogerät und Fernsprecheinrichtungen sowie nicht näher bezeichnete elektrische Apparate. In den beiden ersten Monaten hat sich der Exportwert von 15 231 316 $ gegen die gleiche Zeit des Vorjahres (24 144 796 $) um 8 913 480 Dollar (fast 37 %) verringert. — Im März betrug die Ausfuhr 8 271 208 $, d. s. 4 758 789 $ (36,5 %) weniger als in demselben Monat von 1930 (13 029 997 $), hauptsächlich infolge Verminderung bei Transformatoren, größeren Schaltern, Motoren sowie Teilen solcher, Kühlvorrichtungen für den Haushalt, Fernsprechschalttafeln und -einrichtungen, Zündsystemen, nicht spezifizierten Apparaten. Bei insgesamt 23 473 980 Dollar war die Ausfuhr im ersten Vierteljahr um 13 700 813 $ (37 %) schwächer als in der entsprechenden Zeit des Vorjahres (37 174 793 $). — Für April werden als Wert 9 880 701 $ genannt, der sich damit um 1 573 269 $ (14 %) niedriger stellte als im vorjährigen Parallelmonat (11 453 970 Dollar). Zurückgegangen ist besonders die Ausfuhr von Transformatoren, stationären Motoren bis 200 PS, Ventilatoren, Staubsaugern sowie anderem motorisch betriebenen Haushaltgerät, ferner z. T. von Fernsprecheinrichtungen und nicht näher bezeichneten elektrischen Apparaten. Für die abgelaufenen vier Monate ergeben sich 33 354 692 $, eine Senkung um 15 274 071 $ (31 %) gegenüber der gleichen Periode des Vorjahres (48 628 763 $).

Englands elektrotechnischer Außenhandel[3]. — Der April 1931 hat bei der Einfuhr gegen den Vormonat (508 644 £) eine Abnahme um 13 713 £ (rd. 3 %) und im Vergleich zum April 1930 eine Verringerung um 158 034 £ (24 %) gebracht. Die Ausfuhr ist gegen den März (1 158 080 £) um 108 917 £ (9 %) und gegenüber dem Parallelmonat des Vorjahres um 361 600 £ (rd. 26 %) gefallen. Gegen letzteren ergibt der nur nach Kanada gestiegene Maschinenexport ein Minus von 100 134 £. In den abgelaufenen vier Monaten ist die Einfuhr um 1 084 364 £ (34 %) und die Ausfuhr um 1 855 080 £ (29 %) hinter der entsprechenden von 1930 zurückgeblieben. — Der Mai weist eine um 24 644 £ (5 %) größere Einfuhr als im Vormonat auf, doch hat diese gegen den Mai 1930 um 184 715 £ (26 %) abgenommen. Die Ausfuhr ist im ersten Fall um 107 903 £ (10 %), im zweiten um 677 060 £ (42 %) gesunken. Der Export von Maschinen zeigt durchweg schwächere Werte und im ganzen gegen den Parallelmonat des Vorjahres eine Senkung um 256 162 £. Während der abgelaufenen fünf Monate hat die Einfuhr um 1 269 079 £ (33 %), die Ausfuhr um 2 532 140 Pfd. Sterl. (31,5 %) im Vergleich mit der gleichen Periode von 1930 abgenommen. — Auch im Juni ist die Einfuhr dem Mai gegenüber gestiegen, u. zw. um 12 005 £, weist aber gegen den vorjährigen Juni eine Verringerung um 38 011 £ (6,6 %) auf. Für die Ausfuhr ergibt sich eine Abnahme um 71 673 £ (7,5 %) bzw. 488 082 £ (36 %). Im Verlauf des ersten Halbjahres 1931 hat der Import, verglichen mit der entsprechenden Zeit von 1930, um 1 307 090 £ (29,5 %) und der Export um 3 020 222 £ (32 %) nachgelassen.

Erzeugnisse	Einfuhr in £		Ausfuhr in £	
	1931	1930	1931	1930
	April			
Maschinen	118 902	163 150	375 180	475 314
Waren u. Apparate .	376 029	489 815	673 983	935 449
	494 931	652 965	1 049 163	1 410 763
	Januar/April			
Maschinen	462 861	653 855	1 591 178	2 210 100
Waren u. Apparate .	1 607 075	2 500 445	2 967 913	4 204 071
	2 069 936	3 154 300	4 559 091	6 414 171
	Mai			
Maschinen	143 669	187 089	318 985	575 147
Waren u. Apparate .	375 906	517 201	622 275	1 043 173
	519 575	704 290	941 260	1 618 320
	Januar/Mai			
Maschinen	606 530	840 944	1 910 163	2 785 247
Waren u. Apparate .	1 982 981	3 017 646	3 590 188	5 247 244
	2 589 511	3 858 590	5 500 351	8 032 491
	Juni			
Maschinen	131 940	145 755	308 772	483 584
Waren u. Apparate .	399 640	423 836	560 815	874 085
	531 580	569 591	869 587	1 357 669
	Januar/Juni			
Maschinen	738 470	986 699	2 218 935	3 268 831
Waren u. Apparate .	2 382 621	3 441 482	4 151 003	6 121 329
	3 121 091	4 428 181	6 369 938	9 390 160

Bezugsquellenverzeichnis.

Frage 23: Wer baut elektrische Schleifmaschinen zum Schleifen von Mähmaschinen-Messern?

Frage 24: Wer stellt in Kugeln gelagerte Kugelfüße für Stative zu elektromedizinischen Bestrahlungslampen her?

Berichtigungen.

Im Aufsatz „Bestimmung der Amplituden von zeitlich veränderlichen Spannungen mittels Glimmlampen" der ETZ 1931, H. 28, sind auf S. 902, linke Spalte, die Nenner der Formeln in Abschnitt I 2 b) und c) durch einen Setzfehler vertauscht worden. In der Gleichung unter b) muß der Nenner rechts r_{min} statt r heißen, unter c) muß r statt r_{min} stehen.

In dem Aufsatz „Aktuelle Fragen der Elektrizitätswirtschaft", ETZ 1931, H. 26, muß es auf S. 841, Spalte 2, Zeile 1 richtig heißen: „. . . und dauernd dem Staat Ertrag schaffende . . ." (nicht „dank").

Abschluß des Heftes: 25. Juli 1931.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 16 750 Expl.

[1] Vgl. ETZ 1930, S. 1124; 1931, S. 592.
[2] El. World, Bd. 97, S. 745, 1081, 1197. Vgl. ETZ 1931, S. 720.
[3] Nach El. Review. Vgl. ETZ 1930, S. 992, 1220; 1931, S. 720.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

ETZ

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

INHALT

32. HEFT · 52. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9
(1017—1048) 6. AUGUST 1931

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

52. Jahrgang | Berlin, 6. August 1931 | Heft 32

Der wirtschaftliche Querschnitt von Fernleitungen.

Von Dr.-Ing. **W. zur Megede**, Berlin.

Übersicht. Bei der Wirtschaftlichkeitsberechnung von Fernleitungen ist es eine bisher strittige Frage, in welcher Höhe der Preis für die Verlust-kWh einzusetzen ist. Die Beeinflussung der Kraftwerksgröße durch die Höhe der maximalen Verlustleistung muß in die Wirtschaftlichkeitsberechnung mit hineingezogen werden. Es wird eine Formel abgeleitet, die diesem in einfacher Weise genügt, und gezeigt, daß oft ein verhältnismäßig großer Querschnitt wirtschaftlich ist.

Das Gesetz für die Wirtschaftlichkeit einer Übertragungsleitung besagt, daß die größte Wirtschaftlichkeit einer Kraftübertragung dann vorhanden ist, wenn die Summe der jährlichen Kapitalkosten und der jährlichen Verlustkosten ein Minimum wird. Nun sind einerseits die Verlust-kWh dem Widerstande linear und dem Strome quadratisch proportional, anderseits verursacht ein höherer Widerstand, d. h. ein geringerer Querschnitt, eine Vergrößerung des Kraftwerks. Diese hat eine Verteuerung der erzeugten kWh zur Folge, wenn infolge der Form der Belastungskurve mit der Vergrößerung des Kraftwerks eine Verschlechterung des Ausnutzungsfaktors des Kraftwerks gegeben ist. Das ist aber bei schwankender Belastung immer der Fall. Die Beziehungen zwischen Verlust-kWh und Belastungstunden bei bestimmter Form der Belastungskurve sind im Laufe der Zeit Gegenstand eingehender Untersuchungen gewesen[1]. Dem Einfluß der vom Leitungsquerschnitt abhängenden Kraftwerksgröße ist bisher aber nur wenig Beachtung geschenkt worden. Entweder wird in Wirtschaftlichkeitsrechnungen von Leitungen als kWh-Preis ein Wert eingesetzt, der sich aus der maximalen Leistung am Ende der Leitung und den Belastungstunden dieser Leistung berechnet, oder aber es wird im voraus der bei maximaler Belastung auftretende Verlust ungefähr geschätzt und ein durchschnittlicher Preis aus der im Kraftwerk auftretenden maximalen Leistung und den Gesamtbelastungstunden gebildet, oder schließlich (in seltenen Fällen) werden den Übertragungskosten die Kosten des Teils des Kraftwerks zugerechnet, der der Verlustleistung entspricht[2]. Welche Unterschiede aber in den verschiedenen Verfahren bestehen und in welchen Fällen der einen oder anderen Methode der Vorzug zu geben ist, darüber bestehen in der Praxis häufig erhebliche Unklarheiten.

Abb. 1. Prinzipielle Kostenkurven einer Kraftübertragung für verschiedene kWh-Preise.
Verlustkosten
I bei x RM/kWh
II bei $2x$ RM/kWh

Die Verlustleistung von den Kraftwerksklemmen bis zum Verbraucher kann 20 ... 30 % und mehr erreichen und ist zum großen Teil vom Querschnitt der verlegten Übertragungsleitungen abhängig.

Es ist ohne weiteres klar, daß je nach dem kWh-Preise die Wirtschaftlichkeitsberechnung einen anderen wirtschaftlichen Querschnitt liefert. In Abb. 1 ist an Hand einer prinzipiellen Darstellung (entsprechend den einfachen Verhältnissen, die dem Thomsonschen Gesetz zugrunde lagen) gezeigt, daß der wirtschaftliche Querschnitt bei einem kWh-Preise von $2x$ RM (Verlustkostenkurve II) wesentlich größer ist als bei einem kWh-Preise von x RM (Verlustkostenkurve I).

Abb. 2. Belastungskurve für $h_n = 2500$ und $h_v = 1200$.

Die verschiedenen Verfahren liefern nun aber recht unterschiedliche kWh-Preise, die leicht so weit auseinander liegen können wie die bei Berechnung der Kurven I und II eingesetzten Preise. Z. B. liege eine Kraftübertragung mit einer Belastungskurve nach Abb. 2 vor; durch diese ist die

Zahl der Nutzbelastungstunden $h_n = 2\,500$ h,
„ „ Verluststunden $h_v = 1\,200$ h,

bezogen auf die maximale Nutzleistung, gegeben, und je nach der Größe der maximalen Verluste erhält man eine Gesamt-Belastungstundenzahl, bezogen auf die Gesamtleistung, von

$h = 2\,444$ h bei 5 % maximalen Verlusten,
$= 2\,310$ „ „ 20 % „ „ .

Der schlechte Belastungsfaktor der Verlustleistung wirkt mit größer werdender maximaler Verlustleistung immer ungünstiger auf den Ausnutzungsfaktor der Gesamtleistung ein, so daß die Gesamt-Belastungstundenzahl kleiner wird, obwohl die Belastungstundenzahl der Nutzleistung sich nicht ändert. Wenn man nun den kWh-Preis nach den verschiedenen Verfahren berechnet, so erhält man entsprechend unterschiedliche Werte:

Betragen die Anlagekosten eines Dampfkraftwerks für das installierte kW 350 RM/kW, also bei 15 % Kapitaldienst die jährlichen Betriebskosten für den Kapitalanteil 52,50 RM/kW, so erhält man die Kapitalkosten für 1 kWh, wenn man 52,50 RM durch die obigen Belastungstundenzahlen dividiert. Nimmt man die Kosten für Brennstoffverbrauch usw. zu 2 Pf/kWh an, so erhält man folgende Selbstkostenpreise:

---

[1] Elmer, Die wirtschaftlich günstige Spannung für Fernübertragung mittels Freileitung, Verlag Julius Springer, Berlin 1914. — Jansen, ETZ 1926, S. 819. — Smolinski, ETZ 1928, S. 81. — Burger, Berechnung von Drehstrom-Kraftübertragungen, Verlag Julius Springer, Berlin 1931.
[2] So auch Hamm, ETZ 1930, S. 1419.

Zahlentafel 1. Selbstkostenberechnung für 1 kWh des Dampfkraftwerks.

	Aus			
	Nutzleistung und Nutzbelastungsstunden	Verlustleistung und Verluststunden	Gesamtleistung und Gesamtbelastungstunden bei 5 % Verlusten	Gesamtleistung und Gesamtbelastungstunden bei 20% Verlusten
Jahresstunden ...	2 500	1 200	2 444	2 310
Kapitalkosten . Pf	2,1	4,37	2,15	2,27
Brennstoffkosten „	2,0	2,0	2,0	2,0
Gesamtpreis ... Pf	4,1	6,37	4,15	4,27

Für ein Wasserkraftwerk, dessen Anlagekosten 800 RM/kW und jährliche Betriebskosten für den Kapitalanteil 104 RM/kW bei 13 % Kapitaldienst betragen mögen, fallen die variablen Kosten für Brennstoff weg (die geringen Kosten für sonstige von der Größe der Arbeit abhängige Ausgaben seien vernachlässigt), und die kWh-Preise würden sich wie folgt berechnen:

Zahlentafel 2. Selbstkostenberechnung für 1 kWh des Wasserkraftwerks.

	Aus			
	Nutzleistung und Nutzbelastungsstunden	Verlustleistung und Verluststunden	Gesamtleistung und Gesamtbelastungstunden bei 5 % Verlusten	Gesamtleistung und Gesamtbelastungstunden bei 20% Verlusten
Jahresstunden ...	2 500	1 200	2 444	2 310
kWh-Preis .... Pf	4,17	8,67	4,27	4,5

Beim Dampfkraftwerk ist der Unterschied zwischen dem kWh-Preis der Verlustleistung und der Nutzleistung

$$P_v : P_n = 6{,}37 : 4{,}1 = 1{,}55 : 1$$

und beim Wasserkraftwerk

$$P_v : P_n = 8{,}67 : 4{,}17 = 2{,}08 : 1,$$

die Unterschiede sind also beträchtlich. Die Differenz der kWh-Preise für die Arbeitseinheit der Nutzleistung und der Gesamtleistung ist dagegen gering und wird sich in der Querschnittsberechnung wenig auswirken.

Für die Wirtschaftlichkeit der Übertragung allein maßgebend ist der Preis der kWh am Ende der Leitung. Dieser wird ein Minimum, wenn die Summe der gesamten Jahresbetriebskosten für das Kraftwerk und die Übertragungsleitung ein Minimum wird:

$$\frac{dG}{dq} = \frac{d\,(\text{Betriebskosten f. Kraftwerk plus Leitung})}{dq} = 0. \quad (1)$$

Unter Verwendung folgender Bezeichnungen[3]:

N maximale Leistung am Ende in kW,
p_v maximaler Leistungsverlust in %,
h Gesamtbelastungstunden der Gesamtleistung,
h_n Nutzbelastungsstunden der Nutzleistung,
h_v Verluststunden der Verlustleistung,
L Leitungslänge in km,
k spezifischer Leitwert in S/m (= 56 für Cu),
q Querschnitt in mm²,
U Spannung in kV,
B Kosten für Brennstoff usw. in RM/kWh,
K_K jährliche Kapitalkosten des Kraftwerks in RM/kW,
K_L jährliche Kapitalkosten der Leitung in RM/km,
a_L vom Querschnitt unabhängiger Teil } der Kapitalkosten der Leitung in RM/km,
b_L „ „ abhängiger „ }

erhält man die Größe der jährlichen Betriebskosten des Kraftwerks (einschl. der für die Leitung aufzuwendenden Verluste)

$$= K_K N \left(1 + \frac{p_v}{100}\right) + B N \left(1 + \frac{p_v}{100}\right) h \quad (2)$$

und die Größe der jährlichen Kapitalkosten der Leitung

$$= K_L L = a_L L + b_L q L. \quad (3)$$

Setzt man für die gesamte Jahresarbeit

$$N \left(1 + \frac{p_v}{100}\right) h = N \left(h_n + \frac{p_v}{100} h_v\right), \quad (4)$$

da

$$N\left(1 + \frac{p_v}{100}\right) h = U \sqrt{3} \cos\varphi \int_0^{8760} i\,dt + 3 R \int_0^{8760} i^2\,dt \,.\, 10^{-3}$$

$$= U \sqrt{3} \cos\varphi\, I\, h_n + 3 R I^2 h_v \,.\, 10^{-3}$$

$$= N h_n + \frac{p_v}{100} N h_v$$

ist, wobei i den zeitlichen, I den maximalen Belastungsstrom, R den ohmschen Widerstand in Ω/Phase bedeuten, und setzt man ferner für den Leistungsverlust den bekannten Wert

$$p_v = \frac{N L \,.\, 10^3}{k\, q\, U^2 \cos^2\varphi}, \quad (5)$$

so werden die gesamten Jahreskosten

$$G = K_K N \left(1 + \frac{p_v}{100}\right) + B N \left(h_n + \frac{p_v}{100} h_v\right) + K_L L \quad (6)$$

$$= K_K N + \frac{K_K N^2 L}{k\, q\, U^2 \cos^2\varphi} + B N h_n + \frac{B N^2 L h_v}{k\, q\, U^2 \cos^2\varphi}$$

$$+ a_L L + b_L q L. \quad (7)$$

Differentiiert man nach q, so erhält man für Gl. (1)

$$\frac{dG}{dq} = -\frac{K_K N^2 L}{k U^2 \cos^2\varphi\, q^2} - \frac{B N^2 L h_v}{k U^2 \cos^2\varphi\, q^2} + b_L L = 0 \quad (8)$$

und hieraus

$$q^2 b_L = (K_K + B h_v) \frac{N^2}{k U^2 \cos^2\varphi}$$

und schließlich

$$q = \frac{N}{U \cos\varphi} \sqrt{\frac{K_K + B h_v}{k\, b_L}}. \quad (9)$$

Die gewonnene Formel (9) für den wirtschaftlichen Querschnitt besagt nun folgendes: Der wirtschaftliche Querschnitt ist:

1. unabhängig von der Leitungslänge,
2. linear abhängig von der zu übertragenden Leistung[4],
3. proportional der Wurzel aus $(K_K + B h_v)$, d. h. es besteht eine Abhängigkeit von den Anlagekosten des Kraftwerkes, den Brennstoffkosten und den Verluststunden, aber keine Abhängigkeit von den Nutzbelastungstunden oder Gesamtbelastungstunden.

Wenn man in der Formel (9) B in Annäherung gleich Null setzt, erhält man eine Formel, die spezifisch für ein Wasserkraftwerk Gültigkeit hat:

$$q_{\text{Wasserkr.}} = \frac{N}{U \cos\varphi} \sqrt{\frac{K_K}{k\, b_L}}. \quad (9a)$$

Diese Formel sagt aus, daß in Leitungen, die von Wasserkraftanlagen gespeist werden, der wirtschaftliche Querschnitt nur von den Anlagekosten des Kraftwerks, nicht aber von den Verluststunden abhängig ist. Hier ist also die Kenntnis der Form der Belastungskurve, durch die die Verluststunden gegeben sind, nicht mehr von Interesse. Der wirtschaftliche Querschnitt ist eindeutig aus der maximalen Nutzleistung und den Anlagekosten des Kraftwerks bestimmbar. Die Leitung ist dann für jede Belastungskurve bei gegebener Maximalbelastung wirtschaftlich, d. h. sie zeigt zwar je nach der Belastungskurve verschiedene Übertragungskosten für die kWh, aber diese Übertragungskosten sind gegenüber jedem anderen Querschnitt ein Optimum. Mit anderen Worten sagt die Formel, daß das Anlagekapital der Leitung in einem ganz bestimmten Verhältnis zum Anlagekapital des Kraftwerks stehen muß, und es ist sofort herauszulesen, daß bei verschiedenen Anlagekosten zweier Anlagen, die sich wie 1 : 2 verhalten, verschiedene Querschnitte wirtschaftlich sind, die sich untereinander wie $1 : \sqrt{2}$, also wie 100 : 141 verhalten. Um wieviel mehr gewinnt dies an Bedeutung, wenn man bedenkt, daß die Anlagekosten von Wasserwerken zwischen 300 ... 950 RM/kW$_{max}$ schwanken[5]!

Beim Dampfkraftwerk werden die Betriebskosten durch die Ausgaben für Brennstoff usw. vergrößert. Diese Ausgaben, soweit sie für die Nutz-kWh aufgewandt werden müssen, fallen beim Differentiieren wieder heraus. Soweit sie aber für die Verlust-kWh in Betracht kommen, gehen sie in die Formel ein. Sie bedeuten eine Vergrößerung der Ausgaben lediglich für den Betrieb der Leitung. Um diesen gegenüber das richtige Ausgabenverhältnis wieder herzustellen, tritt in der Formel die Größe $B h_v$ auf, durch die der Querschnitt vergrößert wird. Es ist beachtenswert, daß ein größerer Querschnitt nur bei größerer Verluststundenzahl auftritt! Bei konstanter Verluststundenzahl, aber veränderlicher Belastungstundenzahl (wobei auch die Form der Belastungskurve geändert wird!) ist immer derselbe Querschnitt wirtschaftlich.

Die von Jansen angegebene Formel[6] lautet:

$$p = N \sqrt{\frac{c}{b}} \quad (10)$$

[3] Die Bezeichnungen sind den von Windel (ETZ 1930, S. 738) gegebenen angeglichen.

[4] Diese beiden Ergebnisse hat auch die Jansensche Formel (vgl. Fußnote 1) gezeigt.

[5] Ornig, El. u. Maschinenb. Bd. 48, S. 597 (1930).

[6] S. Fußnote 1.

und mit denselben Bezeichnungen wie Formel (9):

$$q = \frac{N}{U \cos \varphi} \sqrt{\frac{P\, t\, c_b}{k\, b_L}} \tag{11}$$

(P Preis für 1 kWh,
t gesamte Betriebstundenzahl im Jahr = 8760 h,
c_b Verlustfaktor).

Da der Verlustfaktor $c_b = h_v/t$ definiert ist, geht Gl. (11) über in

$$q = \frac{N}{U \cos \varphi} \sqrt{\frac{P\, h_v}{k\, b_L}}. \tag{12}$$

Wenn man hierin für P den Preis der Verlust-kWh einsetzt:

$$P = \frac{K_K}{h_v} + B, \tag{13}$$

geht die Jansensche Formel in die Formel (9) über: Der Methodenstreit ist also im Sinne derer entschieden, die den Preis der Verlust-kWh einsetzen wollen[7]. Formel (9) sagt aber mehr aus, sie gibt Aufschluß über die Abhängigkeit des Querschnitts von den Kraftwerkskapitalkosten, den Verluststunden und den Kosten der Verluste.

Das Ergebnis geht darauf hinaus, daß man im Kraftwerk zwischen einem ideellen Nutzwerk und einem ideellen Verlustwerk zu unterscheiden hat, deren Leistungen der maximalen Nutzleistung bzw. maximalen Verlustleistung entsprechen. Die wirtschaftlichste Übertragung tritt bei einem Minimum der Kosten von Verlustwerk plus Leitung auf: Verlustwerk plus Leitung bilden eben zusammen die Übertragungsanlage (Abb. 3). Dies ist auch aus Gl. (7) ersichtlich; die Summanden $K_K N$ und $B N h_n$ sind die beiden Größen, die das Nutzwerk berücksichtigen; sie sind von q unabhängig und fallen beim Differentiieren heraus.

Übertragungsystem
Nutzwerk
Verlustwerk
Leitung

Abb. 3. Kraftwerk mit Übertragungsleitung.

Beispiel. Welche Folgen haben diese Ergebnisse nun für die Praxis? Es sei z. B. eine Kraftübertragung von 10 MW mit $\cos \varphi = 1{,}0$ auf 30 km Entfernung mittels einer 50 kV-Leitung gegeben. Die Kraftquelle sei ein Wasserkraftwerk. Die Jahresbelastung verlaufe nach der in Abb. 2 gegebenen Kurve. Der wirtschaftliche Querschnitt berechnet sich nach Formel (9) zu

$$q = \frac{N}{U \cos \varphi} \sqrt{\frac{101}{k\, b_L}} = 10{,}2\, C,$$

wobei $C = \frac{N}{U \cos \varphi \sqrt{k\, b_L}}$ ist. Wenn man hiergegen die verschiedenen kWh-Preise nach Zahlentafel 2 in die Jansensche Formel in der Fassung von Gl. (12) einsetzt, erhält man folgende Querschnitte:

$$q = \frac{N}{U \cos \varphi} \sqrt{\frac{P\, h_v}{k\, b_L}} = C \sqrt{P\, h_v}$$

a) $= C \sqrt{0{,}0417 \cdot 1200} = 7{,}07\, C$ (in Abb. 4 gleich 1) für den Nutz-kWh-Preis

b) $= C \sqrt{0{,}0427 \cdot 1200} = 7{,}15\, C$ für den Gesamt-kWh-Preis (bei 5 % Verlusten)

c) $= C \sqrt{0{,}045 \cdot 1200} = 7{,}35\, C$ für den Gesamt-kWh-Preis (bei 20 % Verlusten)

d) $= C \sqrt{0{,}0867 \cdot 1200} = 10{,}2\, C$ (in Abb. 4 gleich 1,45) für den Verlust-kWh-Preis.

Man sieht, daß die Querschnitte bei Einsetzen des Nutz-kWh-Preises und des Gesamt-kWh-Preises dicht beieinander liegen, daß aber das Einsetzen des Verlust-kWh-Preises den vorher errechneten Querschnitt ergibt, der 45 % stärker ist als der unter a) errechnete. Das graphische Verfahren derselben Wirtschaftlichkeitsberechnung nach Abb. 4 ergibt natürlich dasselbe Resultat. Hier könnte nun auffallen, daß die absoluten Kosten, die dem Minimum bei $q = 1{,}45$ entsprechen, höher sind als die absoluten Kosten für das Minimum bei $q = 1$. Der Grund hierfür liegt darin, daß die Kosten für das Minimum bei $q = 1{,}45$ die Kosten für das Verlustwerk einschließen, während dies bei den Kosten für das Minimum bei $q = 1$ auf Rechnung des Erzeugungspreises der kWh nicht der Fall ist. Die Übertragung einschl. der Kosten für das Verlustwerk wird für $q = 1{,}0$ nach der Kurve der Gesamtkosten *II* 10 % teurer als für $q = 1{,}45$. Dies ist recht beachtenswert. In der Praxis müßte in ähnlichen Fällen der Querschnitt um 1...2 Normtypen vergrößert werden.

Die dem Beispiel zugrunde liegenden Verhältnisse sind nun durchaus als normal anzusprechen, so daß man oft mit derartigen Ergebnissen wird rechnen müssen. Die durchschnittliche Jahres-Belastungstundenzahl beträgt nach Leiße[8] für

Deutschland . . .	2 469 h
Österreich	2 111 h
Großbritannien . .	1 688 h.

Je kleiner die Belastungstundenzahl, desto ungünstiger kann relativ die Verluststundenzahl liegen und desto unwirtschaftlichere Verhältnisse ruft dann eine nicht richtige Bemessung des Querschnitts hervor. Bei $h_n = 3500$ h kann je nach der Form der Belastungskurve h_v in den Grenzen 3500 bis 1400 h liegen, bei $h_n = 1500$ h zwischen 1500 und 257 h (s. Fußnote 1, Jansen). (In landwirtschaftlichen Gebieten mit geringer Verluststundenzahl wird dann ein kleinerer Querschnitt wirtschaftlich sein.) Wenn die Kostenkurven sehr flach verlaufen, entsteht natürlich eine geringere wirtschaftliche Verbesserung, es bleibt aber der Vorteil eines kleineren Spannungsabfalls infolge des größeren Querschnitts. Bei Dampfkraftwerken sind die Verhältnisse infolge des Einflusses der variablen Kosten für Brennstoffverbrauch etwas gemildert. Der richtige Querschnitt des Beispiels für ein Dampfkraftwerk würde betragen

Gesamtkosten II
RM
Gesamtkosten I
Leitungskosten
Verlustkosten II
Verlustkosten I
q = 1,0
q = 1,45
q

Verlustkosten
I bei 4,17 Pf/kWh
II bei 8,67 Pf/kWh

Abb. 4. Betriebskosten einer 50 kV-Leitung bei verschiedener Rechnungsmethode.

$$q = \frac{N}{U \cos \varphi} \sqrt{\frac{52{,}50 + 0{,}02 \cdot 1200}{k\, b_L}} = 8{,}73\, C.$$

Bei Einsetzen der in Zahlentafel 1 errechneten kWh-Preise in die Jansensche Formel ergibt sich:

a) $q = C \sqrt{0{,}041 \cdot 1200} = 7\, C$

b) $q = C \sqrt{0{,}0425 \cdot 1200} = 7{,}13\, C$

c) $q = C \sqrt{0{,}0427 \cdot 1200} = 7{,}14\, C$

d) $q = C \sqrt{0{,}0637 \cdot 1200} = 8{,}73\, C.$

Ein nach a)...c) berechneter Querschnitt von 95 mm² müßte nach dem Ergebnis von d) auf 120 mm² erhöht werden.

Wenn es sich um eine Belastung mit $h_v = 6000$ h handelt, was in chemischen Betrieben möglich ist, wird der wirtschaftliche Querschnitt

$$q = C \sqrt{K_K + a_K h_v} = C \sqrt{52{,}50 + 0{,}02 \cdot 6000} = 13{,}1\, C,$$

und wenn es sich um ein Dampfkraftwerk handelt, in dem die variablen Kosten für die kWh 3 Pf betragen, würde er sogar auf

$$q = C \sqrt{52{,}50 + 0{,}03 \cdot 6000} = 15{,}2\, C$$

steigen.

Wenn Kraftwerk und Leitung in Händen verschiedener Besitzer liegen, kann der Leitungsbesitzer natürlich seine Wirtschaftlichkeitsberechnung nur nach Maßgabe des ihm vom Kraftwerksbesitzer verrechneten kWh-Preises aufstellen. Für das Kraftwerk bedeutet aber die richtige Bemessung immer eine Verbesserung des Ausnutzungsfaktors, d. h. wenn in der Praxis die Gesamtleistung des Kraftwerks eine gegebene Größe ist, so bewirkt die richtige Bemessung der Leitung das Optimum der abgebbaren Nutzarbeit.

Will man auch die Transformatoren in die Rechnung mit einbeziehen, so kann dies in sehr einfacher Weise geschehen. Man muß bei den Auftransformatoren analog

[7] Hierauf kommt auch das Vorgehen von Hamm (vgl. Fußnote 2) heraus.

[8] Leiße, Sonderheft 19 der Vierteljahrsh. Konjunkt.

dem Kraftwerk zwischen Nutz- und Verlusttransformatoren unterscheiden. Die Kosten für die Nutztransformatoren des Aufspannwerks und die gesamten Abtransformatoren, die ja nur Nutztransformatoren sind, fallen genau so beim Differentiieren heraus wie die Kosten des Nutzkraftwerkes herausgefallen sind. Die Kosten für die Verlusttransformatoren kann man nun dem Verlustkraftwerk zurechnen, sie beeinflussen das Ergebnis aber kaum, da sie im Vergleich zu den Kosten des Verlustkraftwerks gering sind.

Eine schwer zu beantwortende Frage ist, nach welchen Gesichtspunkten bei Neuanschlüssen von Leitungen geringer Leistung (relativ zur Kraftwerksleistung) die Querschnitte berechnet werden müssen. Es kann nämlich der Fall sein, daß die Belastungskurve des Neuanschlusses sich so in die Gesamtbelastungskurve eingliedert, daß eine Vergrößerung der maximalen Verlustleistung des Kraftwerks gar nicht oder nicht der Belastungsvergrößerung entsprechend eintritt. Die neue Belastung bewirkt eine Verbesserung der Ausnutzung des Kraftwerks, und hier wird von Fall zu Fall, auch auf Grund von Erwägungen geschäftspolitischer Art, zu entscheiden sein, wie hohe Verluste zugelassen werden können. In den meisten Fällen wird dann eine rein theoretische Untersuchung, wie sie bei Übertragung großer Teile der Kraftwerksleistung am Platze ist, kaum zum Ziele führen.

Ferngesteuerte Wasserwerke.

Pumpwerk Frankfurt a. M.-Goldstein.

Von Dipl.-Ing. **Georg Appel**, Berlin.

Übersicht. Die elektrischen Einrichtungen des Pumpwerks Goldstein werden beschrieben unter besonderer Berücksichtigung der zum Pumpenantrieb verwendeten 250 kW- und 200 kW-Hochspannungsmotoren mit Wirbelstromläufer für unmittelbares Einschalten.

Selbsttätige Pumpenanlagen kleinerer Leistung sind schon seit vielen Jahren in Gebrauch. Meist geschieht die Betätigung der Pumpensätze in Abhängigkeit vom Wasserstand in einem Hochbehälter oder vom Druck in einem Druckkessel. Der Schaltvorgang ist hierbei im allgemeinen auf das Ein- und Ausschalten der Antriebsmotoren beschränkt.

In den letzten Jahren gewinnt auf dem Gebiet der öffentlichen Wasserversorgung eine verwandte Betriebsart, die Fernsteuerung, immer mehr Anhänger. Sie bietet wie der selbsttätige Betrieb wesentliche Vorteile, z. B.

- Ersparnis an Bedienungskosten, bei Neubauten an Baukosten für Wohnungen usw.,
- Unabhängigkeit von der Zuverlässigkeit der Bedienung durch zwangläufige Abwicklung mehrerer Schaltvorgänge in richtiger Reihenfolge, somit erhöhte Betriebsicherheit und Lebensdauer der Schaltgeräte.

Hinzu kommt bei der Fernsteuerung die Möglichkeit der Überwachung einer Anzahl von Pumpwerken von einer Befehlstelle aus, die für wirtschaftliche Verteilung der im Versorgungsnetz benötigten Wassermengen auf die günstigst gelegenen Werke zu sorgen hat. In- und Außerbetriebnahme eines ferngesteuerten Pumpensatzes nebst Nebenanlagen werden durch einen Hilfschalter oder Druckknopf eingeleitet, worauf alle weiteren Schaltvorgänge selbsttätig vor sich gehen. Außer dem Schalten des eigentlichen Pumpensatzes handelt es sich vor allem um das Öffnen, Schließen und Regeln der Saug- und Druckschieber sowie um die Entlüftung der Pumpen nebst Saug- und Heberleitungen. Je nach Art der Pumpenanlage kommen weitere Nebenbetriebe in Frage, die ohne Schwierigkeit in den Schaltvorgang eingefügt werden können.

Eine derartige ferngesteuerte Pumpenanlage sei nachstehend unter besonderer Berücksichtigung der zur Verwendung gelangten Motoren mit Wirbelstromläufer beschrieben.

Durch die Umstellung der Frankfurter Stromversorgung von Einphasenstrom 45,3 Hz auf Drehstrom 50 Hz ergab sich für das Spitzenpumpwerk Goldstein der Städt. Wasserwerke Frankfurt a. M. die Notwendigkeit der Beschaffung neuer Antriebsmotoren. Mit Rücksicht auf den inzwischen erheblich gestiegenen Wasserbedarf des versorgten Gebietes wurde gleichzeitig die Aufstellung größerer Pumpeneinheiten beschlossen. Ferner sollte die spätere Fernsteuerung der Anlage von der etwa 5 km entfernten Betriebswache aus möglich sein, das Pumpwerk also ohne Bedienung arbeiten. Nach eingehenden Vorarbeiten wurde auf Grund einer Ausschreibung der Auftrag auf den elektrischen Teil des Pumpwerks einschl. Montage an die Siemens-Schuckertwerke AG. vergeben. Um teure und platzraubende Selbstanlasser zu vermeiden und die Betriebsicherheit der Anlage weiter zu erhöhen, wurden Drehstrommotoren mit Sonderkurzschlußläufer, sog. Wirbelstromläufer, für unmittelbares Einschalten ohne Anlaßgeräte beschafft. Diese Motoren haben im Läufer besonders tiefe und schmale Nuten mit entsprechenden Kupferstäben, die während des Anlaufs in erhöhtem Maße der Wirkung der Stromverdrängung unterliegen. Hierdurch ist eine Erhöhung des Läuferwiderstandes und damit eine Verbesserung der Anlaufverhältnisse (kleinerer Anlaufstrom bei größerem Anlaufmoment) gegenüber dem normalen Kurzschlußläufer bedingt. Die Laufeigenschaften sind für beide Motorarten wegen der geringen Läuferfrequenz bei der Nenndrehzahl gleich. Motoren mit Wirbelstromläufer bauen die SSW seit mehr als 15 Jahren mit bestem Erfolg. Pumpenantriebe mit Leistungen bis 1200 kW und sonstige Antriebe bis 2000 kW für Einschalten ohne Anlaßgeräte sind bereits in Betrieb. Diese Motoren sind gegen erhebliche kurzzeitige Spannungschwankungen im Gegensatz zu Schleifringläufern unempfindlich. Die Momentenkurve eines Wirbelstromläufers in Abhängigkeit von der Drehzahl steigt zunächst an und verläuft annähernd parallel der Pumpenkurve (Abb. 1, Kurve *a*). Man erhält also praktisch gleichbleibendes Beschleunigungsmoment und bei der Größe desselben sanften und stoßfreien Anlauf. Motoren mit Doppelstabläufer sind als Pumpenantrieb für unmittelbares Einschalten wenig geeignet, da ihre Momentenkurve abfallenden Verlauf zeigt und das Moment sehr groß ist (Kurve $b_\triangle$), weshalb der Anlauf stoßweise und zu rasch erfolgt.

a Drehmoment des Wirbelstromläufers bei direktem Einschalten
$b_\triangle$, b_λ Drehmoment des Doppelstabläufers bei direktem Einschalten (△) bzw. in der Sternschaltung (⅄) bei Stern-Dreieck-Anlauf
c Drehmoment der Kreiselpumpe beim Anlauf gegen offenen Schieber
d Drehmoment der Kreiselpumpe beim Anlauf gegen geschlossenen Schieber
e Beschleunigungsmoment des Wirbelstromläufers bei direktem Einschalten
$f_\triangle$, f_λ Beschleunigungsmoment des Doppelstabläufers bei direktem Einschalten (△) bzw. in der Sternschaltung (⅄) bei Stern-Dreieck-Anlauf (Kurven *e*, *f* gelten bei Anlauf der Pumpe gegen offene Schieber)

Abb. 1. Kurven der Dreh- und Beschleunigungsmomente eines 200 kW-Kreiselpumpensatzes mit Antrieb durch Wirbelstrom- bzw. Doppelstabläufer-Motor.

Im Pumpwerk Goldstein gelangten zwei Motoren von je 250 kW und einer von 200 kW, sämtlich für 5000 V, 50 Hz, 1475 U/min, zur Aufstellung (Abb. 2), die mit den Kreiselpumpen elastisch gekuppelt sind und auf gemeinsamer Grundplatte stehen. Vom stromliefernden Werk waren für die Zulassung der Wirbelstromläufer Bedingungen gestellt, deren Einhaltung bei der Abnahme nachgewiesen wurde. Die Motoren werden durch ferngesteuerte Ölschalter mit Schaltmotorantrieb, Freilaufkupplung und Spannungsrückgangs-Auslösung geschaltet. Um das „Pumpen" der Ölschalter beim Auslösen infolge Überlastung oder Kurzschluß zu vermeiden, wurden keine aufgebauten Überstromauslöser, sondern eine Sonderschaltung mit selbsttätiger Verriegelung gegen wiederholtes Einschalten angewandt. Diese Schaltung gestattete zugleich die Verwendung eines Schutzes mit thermischer Zeit- und elektromagnetischer Schnellauslösung, während die üblichen aufgebauten Auslöser für den Motorschutz

wenig geeignet sind. Beim Ansprechen unterbricht die Schutzvorrichtung den Stromkreis der Haltespule des Ölschalters und veranlaßt so das Auslösen desselben und die Abschaltung des gefährdeten Motors.

Abb. 2. Maschinenraum mit den drei Pumpensätzen, der Überwachungs-Schalttafel und den elektrischen Schieberantrieben.

Die Saugschieber werden durch Kurzschlußmotoren von 4,3 bzw. 5,5 kW bei 1420 U/min, 380 V, angetrieben. Die Schiebermotoren sind solche für Aussetzbetrieb, da sie stets nur kurzzeitig arbeiten. Durch ein zweistufiges Zahnradgetriebe wird die Motordrehzahl auf ein für die Schieberspindel zulässiges Maß herabgemindert. Auf dem oberen Wellenstumpf der senkrechten Motoren kann ein Handrad zum Öffnen und Schließen des Schiebers aufgesetzt werden. Für jeden Schiebermotor sind zwei Einschaltschütze vorgesehen, je eines für Vorwärts- und Rückwärtslauf. Zwei an der Schieberantriebsäule angebaute Endschalter mit Betätigung durch eine auf der Vorgelege-Zwischenwelle auf- und abgleitende Wandermutter schalten die Schütze und damit den Motor in den Schieberendstellungen ab. Gegen Überlastungen sind die Motoren durch Motorschutzschalter üblicher Ausführung geschützt.

Zur Entlüftung der Pumpensaugleitungen sind zwei Elmo-Wasserring-Entlüftungspumpen vorgesehen. Sie leisten 140 und 650 l/min bei 60 cm Q.-S. und werden durch je einen 0,5- und 3 kW-Kurzschlußmotor angetrieben. Um die Kreiselpumpen jederzeit sofort in Betrieb nehmen zu können, arbeiten die Entlüftungspumpen unabhängig vom übrigen Betrieb völlig selbsttätig. Sie halten in einem mit den Saugleitungen der Kreiselpumpen in Verbindung stehenden Entlüftungskessel stets einen Mindestwasserstand aufrecht, der über dem höchsten Punkt der Kreiselpumpen liegt. Sobald in diesem Kessel das Vakuum und damit der Wasserstand unter ein gewisses Maß sinken, wird zuerst die kleine und bei weiterem Sinken auch die größere Entlüftungspumpe durch je eine selbsttätige Schalteinrichtung (Abb. 3, links oben) eingeschaltet. Während des Arbeitens der größeren Entlüftungspumpe leuchten im Pumpwerk und auf der Betriebswache je eine gelbe Meldelampe auf, die zu erhöhter Aufmerksamkeit mahnen. Die Antriebsmotoren der Entlüftungspumpen sind gleichfalls durch Motorschutzschalter gegen Überlastung geschützt. Eine Entlüftung der Kreiselpumpen selbst ist nicht erforderlich, weil die von Hand betätigten Druckschieber stets offen bleiben. Die Stopfbuchsen stehen daher auch bei Stillstand der Pumpen stets unter einem gewissen Wasserdruck, so daß keine Luft in die Pumpen eindringen kann.

Abb. 3. Elmo-Wasserring-Entlüftungspumpen, betätigt durch selbsttätige Schalteinrichtung.

Abb. 4. 50 kVA-Drehstrom-Öltransformator mit handbetätigtem Ölschalter.

Das etwaige Ausbleiben der Netzspannung wird im Pumpwerk und in der Betriebswache durch Aufleuchten je einer blauen Meldelampe und Ertönen einer Hupe angezeigt. Diese werden über den Ruhekontakt eines an der Wechselspannung liegenden Hilfsrelais von einer 12 V-Akkumulatorenbatterie gespeist. Beim Ausbleiben der Wechselspannung fällt das Hilfsrelais ab und schließt hierbei den Gleichstromkreis.

Abb. 5. Ölschalter mit Schaltmotorantrieb für die Pumpenmotoren.

Für den Anschluß der Kleinmotoren, der Steuergeräte, der Beleuchtung usw. wurde ein 50 kVA-Drehstrom-Öltransformator für 5000/400/231 V, 50 Hz, aufgestellt, der über einen handbetätigten Ölschalter dauernd am Netz liegt (Abb. 4).

Sämtliche Hochspannungsgeräte sind in einem Nebenraum übersichtlich untergebracht (Abb. 4 u. 5). Im Maschinenraum befindet sich eine vierfeldrige Schalttafel, die die Meßinstrumente für versenkten Einbau, die Sicherungen für die einzelnen Stromkreise sowie die Ein- und Ausschalt-Druckknöpfe und die Meldelampen trägt. Im rückwärtigen Schaltgerüst sind die Steuer- und Schutzgeräte für sämtliche Motoren eingebaut, wie aus Abb. 6 ersichtlich ist.

Die gesamte Fernsteuerung einschl. Rückmeldung geschieht durch 12 Adern des zwischen Pumpwerk und Betriebswache vorgesehenen Steuerkabels mit 220 V Wechselstrom. Die Druckknöpfe und Meldelampen in der Betriebswache sind den entsprechenden im Pumpwerk parallel geschaltet.

Abb. 6. Rückansicht der Schalttafel mit den Hilfsgeräten sowie den Steuer- und Meldeleitungen.

Bei der In- und Außerbetriebsetzung eines Kreiselpumpensatzes kommen die folgenden Schaltvorgänge in Frage:

Zum Einschalten wird kurzzeitig der Einschalt-Druckknopf niedergedrückt. Hierdurch wird ein Hilfschütz eingeschaltet, das nach Loslassen des Druckknopfs über einen Selbsthaltekontakt angezogen bleibt und so den gegebenen Schaltbefehl festhält. Über die Hauptkontakte des Hilfsschützes erhalten Haltespule und Schaltmotorantrieb des Ölschalters Spannung, so daß dieser und damit der Pumpenmotor eingeschaltet werden. Danach schaltet sich der Schaltmotor durch einen eingebauten Endschalter selbsttätig ab. Über einen Arbeitskontakt am Ölschalter erhält das eine der beiden zum Schiebermotor gehörigen Schütze Spannung und legt den Motor mit einer der Öffnungsbewegung des Schiebers entsprechenden Drehrichtung ans Netz. Nach Öffnen des Schiebers werden das Schütz und das obenerwähnte Einschaltschütz durch den Schieberendschalter abgeschaltet. Zugleich erhält eine grüne Meldelampe Spannung, die den beendigten Schaltvorgang anzeigt. Die Haltespule des Ölschalters, die über das Einschalt-Hilfschütz zuerst Spannung erhielt, hält sich über einen Arbeitskontakt am Ölschalter und den unteren Schieberendschalter eingeschaltet.

Der Ausschaltvorgang wird durch kurzzeitiges Drücken des Ausschalt-Druckknopfes eingeleitet. Hierbei erhält das zum Schiebermotor gehörige zweite Schütz Spannung und legt den Motor mit in zwei Phasen vertauschter Reihenfolge ans Netz. Dieser läuft jetzt in umgekehrter Richtung, wobei der Schieber geschlossen wird. In der Schieberendstellung werden das Schütz und damit der Motor durch den unteren Schieberendschalter abgeschaltet. Der Endschalter unterbricht zugleich die Haltespule des Ölschalters, so daß auch der Kreiselpumpensatz stillgesetzt wird. Über einen Ruhekontakt am Ölschalter erhält nunmehr der Schaltmotorantrieb desselben Befehl zum Rücklauf, wobei die Freilaufkupplung wieder eingeklinkt wird. In der Endstellung schaltet sich der Antrieb durch seinen eingebauten Endschalter selbsttätig ab. Eine rote Lampe zeigt durch Aufleuchten den beendigten Ausschaltvorgang an; danach ist der Pumpensatz zu erneutem Anfahren bereit.

Bei Überlastung eines Kreiselpumpen- oder Schiebermotors spricht die Schutzeinrichtung an und schaltet den gefährdeten Pumpensatz ab (der Stromkreis der Ölschalter-Haltespule ist außer über seinen eigenen Schutz auch über einen Arbeitskontakt des Schiebermotor-Schutzschalters geführt). Gleichzeitig wird der Einschaltbefehl gesperrt, so daß erneutes Einschalten mittels Druckknopfes zunächst nicht möglich ist. Über einen Ruhekontakt am Ölschalter erhält der Schiebermotor Befehl zum Schließen des Saugschiebers, sofern bzw. sobald die Betätigungsspannung vorhanden ist (bzw. der Motorschutzschalter wieder von Hand eingelegt ist). Durch einen zweiten Ruhekontakt erhält der Schaltmotorantrieb des Ölschalters

Befehl zum Rücklauf, wie oben bereits geschildert. Die Verriegelung des Einschaltbefehls zwingt den Wärter, an Ort und Stelle nach der Ursache der Störung zu forschen und diese zu beseitigen. Nach dem Einlegen der Schutzeinrichtung von Hand ist der Pumpensatz wieder betriebsbereit.

Bei Wiederkehr der etwa ausgebliebenen Spannung geschieht die selbsttätige Rückstellung aller Schaltvorgänge ähnlich wie vorstehend bei Überlastungen geschildert. Danach kann mittels Druckknopfes von neuem angelassen werden. Ein während der Rückstellung gegebener Einschaltbefehl wird vom Einschalt-Hilfschütz festgehalten und nach beendigter Rückstellung ausgeführt.

Durch umfangreiche Verriegelung der einzelnen Schaltvorgänge untereinander ist die richtige Reihenfolge derselben zwangläufig gewährleistet.

Die einzelnen Pumpensätze können an Ort und Stelle auch von Hand in Betrieb genommen werden. Hierzu wird durch je einen Hebelumschalter die Fernsteuerung außer Betrieb gesetzt und zugleich die Ölschalter-Haltespule dauernd an Spannung gelegt. Die Ölschalter werden dann durch eine aufsetzbare Handkurbel eingeschaltet, die Schieber durch ein Handrad betätigt.

Der Anlauf eines 250 kW-Pumpensatzes dauert etwa 3,5 s, das Öffnen der Schieber etwa 19 s. Beim 200 kW-Satz sind die Zeiten etwa 2,5 und 16 s. Leuchtet innerhalb dieser Zeiten nach dem Einschaltbefehl nicht die grüne Lampe auf, so zeigt dies irgendeine Störung an.

Die beschriebene Anlage arbeitet seit nunmehr fast zwei Jahren zu völliger Zufriedenheit. Die Pumpenmotoren mit Wirbelstromläufer haben sich in jeder Beziehung bewährt. Inzwischen konnten wiederholt ähnliche Anlagen errichtet werden, bei denen die Fernsteuerung weiter ausgebaut ist. Es ist zu erwarten, daß mit dem Eintritt besserer wirtschaftlicher Verhältnisse auch bei den Wasserwerken die Fernsteuerung erheblich mehr Verbreitung findet als bisher. Wertvolle Unterstützung hierbei leistet der Motor mit Kurzschluß- bzw. Wirbelstromläufer, dessen Vorteile — günstige Anlaufeigenschaften, Verzicht auf Anlaßgeräte, größte Betriebsicherheit — bei solchen Anlagen besonders ins Gewicht fallen.

Die Messung der Erdschlußkompensation.

Von **E. Hueter**, Darmstadt, und **W. Schäfer**, Berlin.

Übersicht. Es wird erläutert, in welcher Weise es möglich ist, die Abstimmung von Erdschlußspulen zu prüfen; eine neue, zu diesem Zweck entwickelte Meßapparatur wird beschrieben.

Es ist eine allgemein anerkannte Tatsache geworden, daß man den äußerst unangenehmen Begleit- und Folgeerscheinungen eines Erdschlusses in Hochspannungsnetzen[1] am wirksamsten durch Einbau von Erdschlußspulen begegnet.

Der Grundgedanke der Erdschlußspule[2] ist der folgende: Bei Erdschluß in einem unkompensierten Hochspannungsnetz fließt über die Kapazität der nicht erdgeschlossenen Phasen ein Strom zur Erde, der über die Erdschlußstelle und die kranke Phase seinen Rückschluß findet. Das Wesen der Erdschlußkompensation besteht nun darin, daß über die Erdschlußstelle ein zweiter Strom getrieben wird, der dem Erdschlußstrom entgegengesetzt gleich ist und somit die Erdschlußstelle vom Strom entlastet. Da der Erdschlußstrom der Spannung der erdgeschlossenen Phase um nahezu 90° voreilt, kapazitiv ist, muß der Kompensationsstrom der gleichen Spannung um 90° nacheilen, induktiv sein. Induktivitäten, die zwischen Netznullpunkt und Erde geschaltet sind, liefern diesen Strom (Abb. 1).

Verfolgt man die Verhältnisse rechnerisch[2], so erkennt man, daß ideale Erdschlußkompensation dann erreicht ist, wenn der induktive Widerstand zwischen Netznullpunkt und Erde genau so groß ist wie der kapazitive Widerstand des Netzes gegen Erde. Es muß also sein

$$\omega L = \frac{1}{3 \omega K_{11}}. \qquad (1)$$

Die Kapazität ändert sich mit der Länge des in Betrieb befindlichen Netzes; entsprechend muß die Induktivität der Erdschlußspulen verändert werden, wenn man bei jedem Netzzustand beste Kompensation erzielen will. Die Erdschlußspulen sind deshalb mit Anzapfungen versehen, welche eine Anpassung an den jeweiligen Betriebszustand ermöglichen. Somit bleibt als wichtigste Aufgabe bestehen, für jeden Netzzustand die richtigen Anzapfungen der Spulen einzustellen, denn obschon eine Verstimmung der Kompensation um rd. ± 10 % bei nicht allzugroßen Erdschlußströmen die Löschung des Erdschluß-Lichtbogens noch nicht beeinträchtigt, legt man doch Wert auf möglichst einwandfreie Abstimmung.

Die einfachste Methode der Abstimmung ist die, daß man rechnerisch oder durch Versuche die Erdschlußströme jeder Leitungstrecke einmal ermittelt und dann bei jeder Netzkonfiguration den Gesamt-Erdschlußstrom durch Addition der Teilströme berechnet und die Erdschlußspulen auf entsprechende Anzapfungen stellt. Stellt man die Teilströme durch Holzklötzchen dar, deren Höhe dem Strom proportional ist, oder durch Gewichte entsprechender Größe, so kann man durch Übereinanderschichten der Holzklötze, welche im Betrieb befindliche Leitungen darstellen, vor einem Maßstab, oder durch Wägen der entsprechenden Gewichte die Addition ersparen[3]. Solche Einrichtungen, „Erdschlußpegel" und „Erdschlußwaage" werden ab und zu verwendet, es haften ihnen jedoch grundsätzliche Mängel an: Die Netzkapazität ist weder bei Freileitungen noch bei Kabeln eine Konstante, sie schwankt vielmehr unter den verschiedensten Einwirkungen. Bei einem Freileitungsnetz wird die Kapazität im Sommer größer sein als im Winter, weil im Sommer durch größeren Durchhang und hochwachsendes Getreide z. B. der Abstand zwischen den Phasen und Erde verringert wird. Anderseits schwankt bei Kabeln die

Abb. 1. Prinzip der Erdschlußkompensation.

Kapazität mit der Temperatur erheblich, so daß der Erdschlußstrom je nach der Betriebstemperatur größer oder kleiner ist. Bedenkt man noch, daß die Erdschlußspulen bei den meisten Netzen in verschiedenen Stationen stehen, so daß die Angaben über die Spulenstellungen sowohl als auch die über die eingeschalteten Leitungen, die telephonisch übermittelt werden, nicht immer zuverlässig sind, so erkennt man, daß eine Abstimmung der Erdschlußspulen in der oben beschriebenen Weise meist ziemlich ungenau werden wird, durch Mißverständnisse usw. die Gefahr größerer Fehler mit sich bringt und schließlich in vielen Fällen nur lästig durchführbar ist. Gerade in Zeiten unruhigen Betriebes, etwa bei schweren Gewittern, wo einwandfreier Erdschlußschutz besonders dringend gebraucht wird, kann das Verfahren u. U. versagen.

Besser läßt sich die Abstimmung in folgender Weise kontrollieren: Jedes Netz zeigt im Normalbetrieb eine kleine Nullpunktspannung gegen Erde, die von Unsymmetrien der Kapazitäten des Netzes gegen Erde herrührt. Diese Unsymmetriespannung ist natürlich bei Freileitungen erheblich größer als bei Kabeln, immerhin ist sie auch hier vorhanden. Die Nullpunktspannung wird nun um so größer, je besser die Erdschlußkompensation wird. Der Grund ist leicht einzusehen. Wir hatten oben gesagt, daß bei idealer Kompensation der induktive Widerstand des Netznullpunktes gegen Erde gleich ist der kapazitiven Reaktanz des Netzes gegen Erde, es war $\omega L = \frac{1}{3 \omega K_{11}}$; daraus folgt für beste Abstimmung

$$\omega = \sqrt{\frac{1}{L \cdot 3 K_{11}}}, \qquad (2)$$

[1] W. Petersen, ETZ 1916, S. 493, 512 u. 615; 1917, S. 553 u. 564.
[2] W. Petersen, ETZ 1919, S. 5, 17 u. 135.
[3] E. Neumann, ETZ 1924, S. 261, 294 u. 1420. W. Fleischer, Elektrizitätswirtsch. Bd. 28, S. 554 (1929); Bd. 29, S. 454 (1930).

d. h. bei genauer Kompensation bildet die Netzkapazität gegen Erde mit der Induktivität der Spule zusammen einen Schwingungskreis, dessen Eigenfrequenz gleich der Netzfrequenz ist. Durch die Unsymmetrie wird nun dem Schwingungskreis eine EMK eingeprägt; die Nullpunktspannung, d. h. die Teilspannung an der Induktivität des Schwingungskreises wird bei bester Kompensation, wo Resonanz vorliegt, unter dem Einfluß dieser Unsymmetrie-EMK einen Höchstwert erreichen.

Es sei hier eingefügt, daß man keinesfalls zu befürchten braucht, daß etwa gefährliche Resonanzüberspannungen bei genauer Kompensation auftreten, dazu ist der Schwingungskreis durch Spulenverluste, Ableitungsverluste usw. zu stark gedämpft. Außerdem ist die treibende EMK auch bei schlecht verdrillten Leitungen noch klein. In einem großen 100 kV-Freileitungsnetz wurde bei bester Abstimmung nur eine Verlagerung des Nullpunktes von rd. 11 % gemessen.

Das beschriebene Verfahren gestattet zwar die Feststellung des tatsächlich besten Kompensationsgrades, wenn auch (insbesondere wegen der Spulensättigung) nur annähernd, setzt jedoch voraus, daß man verschiedentlich die Spulenanzapfungen wechseln muß, bevor man das Optimum erreicht, da bei der ersten Messung weder zu erkennen ist, ob man sich im Bereich der Über- oder Unterkompensation befindet, noch wie weit man überhaupt von der Resonanz entfernt ist. Eine Eichung des Nullpunkt-Spannungsmessers ist nicht möglich, weil die Höhe der Nullpunktspannung von der Netzlänge, der jeweiligen Unsymmetrie und auch von der Witterung — größere und kleinere Ableitungsverluste — in unkontrollierbarer Weise beeinflußt wird.

Abb. 2. Vereinfachte Darstellung des kompensierten Netzes mit $\cos\varphi$-Zeiger als Kompensationsanzeiger.

Um eine tatsächliche Messung des Kompensationsgrades durchzuführen, bedient man sich einer Einrichtung — im folgenden kurz Kompensometer genannt —, deren Prinzip nach den anschließenden Erörterungen leicht zu übersehen ist. Es läßt sich nachweisen, daß man die Erdkapazitäten K_{11} der drei Phasen eines Drehstromnetzes im Nullpunkt als e i n e Kapazität $3\,K_{11}$ vereinigt denken kann. Ebenso kann man sich die im ganzen Netz verteilten Erdschlußspulen in e i n e m Punkt vereinigt denken. Die Betrachtungen werden dadurch außerordentlich vereinfacht, ohne daß die Richtigkeit der Schlüsse beeinträchtigt wird. Das ganze Netz schrumpft dann zu einem Punkt zusammen, der über Kapazität ($3\,K_{11}$), Induktivität und Widerstand geerdet ist (Abb. 2). Der Widerstand R stellt die gesamten Verlustwiderstände des Erdschluß-Schwingungskreises dar. Der Netznullpunkt ist also geerdet über die Impedanz (alle Gleichungen verstehen sich vektoriell):

$$Z = \frac{1}{\frac{1}{R} + 3\,K_{11}\,\omega + \frac{1}{\omega L}}\,. \qquad (3)$$

Für den Resonanzfall ist

$$3\,\omega\,K_{11} = -\left(\frac{1}{\omega L}\right), \text{ d. h. } Z_{res} = R\,. \qquad (4)$$

Bei genauer Kompensation ist die resultierende Impedanz ein rein ohmscher Widerstand, bei Unterkompensation ist sie kapazitiv, bei Überwiegen des Spulenstromes dagegen induktiv. Drückt man also dem Netznullpunkt aus irgendeiner Hilfstromquelle eine künstliche Spannung auf (Abb. 2) und führt den Strom, der aus der Stromquelle über den Netznullpunkt zur Erde fließt, und die Spannung der Hilfstromquelle einem $\cos\varphi$-Zeiger zu, so kann man an dem Ausschlag des Instrumentes erkennen, ob das Netz über- oder unterkompensiert ist — induktiv oder kapazitiv — oder ob es gerade kompensiert ist; im letzten Fall ist der $\cos\varphi = 1$. Dieser Vorschlag[4] zeigte den Weg für die weitere Entwicklung. Nachdem es nämlich so gelungen war, das Optimum der Kompensation und den Charakter der Fehlkompensation zur Anzeige zu bringen, war die nächste Aufgabe, die Fehlkompensation direkt in Ampere Reststrom zu messen und anzugeben, wie groß bei einem tatsächlichen Erdschluß der Reststrom werden würde. Das konnte der $\cos\varphi$-Zeiger nicht leisten, weil der Verlustwiderstand des Erdschlußkreises (R) keine konstante Größe ist, sondern je nach Netzlänge und Witterung stark schwankt. In Reststromwerten ließe sich aber der $\cos\varphi$-Zeiger nur dann eichen, wenn die eine Komponente, der Wirkstrom bzw. der Wirkwiderstand, konstant wäre. Da der Verlustwiderstand R einmal die unangenehme Eigenschaft hat, Schwankungen zu unterliegen, und außerdem für die Abstimmung der Erdschlußspulen uninteressant ist, weil die Verluststromkomponente ohnedies von den Erdschlußspulen nicht kompensiert werden kann, verwendet man nach dem Vorschlag von P i l o t y und den Verfassern[5] an Stelle des $\cos\varphi$-Zeigers ein Gerät, welches nur die Blindkomponente der Erdimpedanz des Netzes oder deren reziproken Wert mißt, und hat damit ein Instrument gefunden, das die gestellten Anforderungen erfüllt.

Der Blindleitwert eines Netzes gegen Erde ergibt nämlich multipliziert mit seiner Phasenspannung den Blindstrom, der bei Erdschluß über die Erdschlußstelle fließt, da ja bei Erdschluß das Netz im Mittel auf Phasenspannung gehoben wird; im unkompensierten Netz ist das praktisch der Erdschlußstrom, im nicht genau kompensierten Netz wollen wir ihn Blindreststrom (I_{rbl}) nennen im Gegensatz zum Wirkstrom, der — weil durch Erdschlußspulen nicht kompensierbar — in diesem Zusammenhang, wie schon gesagt, uninteressant ist. Dieser Blindreststrom wird:

$$I_{rbl} = U_p\left(\omega\,.\,3\,K_{11} - \frac{1}{\omega L}\right) = U_p\,b\,. \qquad (5)$$

Die Skala eines Instrumentes, welches den Blindleitwert b mißt, läßt sich also in Ampere Blindreststrom eichen; das Gerät hat daher die gewünschten Eigenschaften.

Als Blindleitwertzeiger wird ein Kreuzspulinstrument verwendet, welches gemäß Abb. 3 eine feste Stromspule und eine feste sowie eine bewegliche Spannungspule besitzt; die beiden letztgenannten sind in Serie geschaltet. Führt man diesem Gerät Strom und Spannung des zu messenden Kreises zu, wobei noch eine 90°-Verschiebungsschaltung dafür sorgt, daß der Strom in den Spannungsspulen gegen die angelegte Spannung genau um 90° geschwenkt ist, so mißt das Instrument

$$b = \frac{I}{U}\sin\varphi\,. \qquad (6)$$

Wird die Blindkomponente des Stromes gleich Null, so stellt sich der Zeiger so, daß die Achsen der beiden Spannungspulen zusammenfallen, denn die Stromspulen sind stromlos bzw. führen nur Wirkstrom, der kein Drehmoment liefert. Hier liegt also der Nullpunkt des Instrumentes, der Punkt, welcher genaue Kompensation anzeigt.

Bei der Gestaltung der Kompensometer-Apparatur für die Praxis sind allerdings noch zwei Umstände zu beachten: Man darf nicht wie in Abb. 2 gezeigt, die Hilfsspannung direkt dem Netznullpunkt zuführen, weil man sonst Gefahr läuft, daß, wenn während der Messung ein Erdschluß im Netz auftritt, der Hilfsgenerator bzw. Transformator, der nun unter Phasenspannung gegen Erde steht, überschlägt und einen einphasigen Kurzschluß verursacht. Man legt deshalb zwischen die Hilfspannungsquelle und den Netznullpunkt einen Schutzwiderstand, der bei zufällig auftretendem Erdschluß das Netz vor Einphasenkurzschluß und die Hilfspannungsquelle selbst vor Schäden bewahrt. Da die meisten Netze durch mehr als eine Spule kompensiert sind, kann man, wie Abb. 4 zeigt, eine der vorhandenen Erdschlußspulen vor den Hilfsgenerator schalten. Bei Erdschluß wird der Generator selbsttätig überbrückt und abgeschaltet, so daß die ihm vorgeschaltete Erdschlußspule wie normal an Erde liegt, also voll an der Kompensation beteiligt ist. Ist keine passende Spule am Meßort vorhanden, so kann man natürlich die Schutzinduktivität auch in Gestalt von Streuspannung in den Hilfstransformator legen. Es ist selbstverständlich, daß dieser für die Phasenspannung des Netzes isoliert sein muß.

[4] B i e r m a n n s, DRP. 494 622.
[5] DRP. 498 675 u. 507 146.

Das gleiche gilt für den Spannungswandler, der dem Meßinstrument die Nullpunktspannung des Netzes zuführt. Hier tritt noch die weitere Schwierigkeit auf, daß der Wandler bei Erdschluß sekundär keine allzuhohe Spannung aufweisen darf. Aus diesem Grund wird er so ausgelegt, daß seine Sekundärspannung in keinem Falle 300 V überschreiten kann; wird für die Messung der Nullpunkt

Abb. 3. Innenschaltung des Blindleitwert-Zeigers.

E_0 Meßspannung
U_0 Hilfspannung
V_0 Nullpunktspannung im Normalbetrieb

Abb. 5. Einfluß der natürlichen Nullpunktverlagerung auf die Meßspannung.

X_0 Vorschaltspule
$X_1 ... X_5$ Erdschlußspulen
K Kompensometer
$ÖSch$ Ölschalter
HR Hilfsrelais

Abb. 4. Prinzipschaltbild des Kompensometers.

auf $^1/_{10}$ der Phasenspannung gehoben, so ergeben sich sekundär nur 30 V für den Spannungskreis des Meßgerätes. Infolgedessen mußte eine besondere 90°-Verschiebungsschaltung entwickelt werden, die auch bei dieser geringen Spannung noch einwandfreie Resultate bei sehr kleinem Leistungsverbrauch liefert.

K Kompensometer
V Spannungsmesser
F Frequenzmesser
G Generator
E Erregermaschine
M Motor
MS Motorschalter
Tr Transformator
$Ö$ Ölschalter
$SchR$ Schutzrelais
SpR Spannungsregler
FrR Frequenzregler
ESp Erdschlußspule

Abb. 6. Kompensometer-Anlage.

Eine weitere Komplikation für das Kompensometer bedeutet die natürliche Nullpunktverlagerung des Netzes, die sich zur Hilfspannung addiert und bei ungünstigem Größenverhältnis zwischen Hilfspannung und Nullpunktspannung die Messung erheblich fälschen kann, zumal weder Größe noch Phasenlage der natürlichen Nullpunktspannung konstant oder bekannt sind. Abb. 5 zeigt, wie die dem Meßinstrument zugeführte Nullpunktspannung E_0 durch die natürliche Verlagerung V_0, wenn letztere zwar konstante Größe, aber veränderliche Phasenlage hat, variiert wird; U_0 bedeutet dabei die künstlich erzeugte Nullpunktspannung; die Spannung E_0 kann auf einem Kreis wandern, dessen Durchmesser gleich 2 V_0 ist, sie kann also unkontrollierbar in ihrer Größe um 2 V_0 geändert werden.

Diesen Übelstand kann man entweder dadurch beseitigen, daß man die künstliche Verlagerung U_0 groß macht gegenüber der natürlichen Verlagerung V_0 oder als Meßspannung eine Spannung mit von der Netzfrequenz abweichender Periodenzahl nimmt und womöglich durch einen Siebkreis die Spannung der Netzfrequenz von dem Meßgerät fernhält. Bei genügender Frequenzdifferenz zwischen künstlicher und natürlicher Nullpunktspannung kann letztere in dem Kompensometer kein Drehmoment mit dem Strom der Meßfrequenz bilden, ist also aus der Messung eliminiert. Versuche haben gezeigt, daß schon eine Frequenzabweichung von 1 Hz hierfür genügt. Erst bei angenähertem Synchronismus zwischen beiden Spannungen beginnt der Zeiger des Meßinstrumentes im Takte der Schlupffrequenz zu pendeln.

Die letztgenannten beiden Umstände, nämlich daß man zum Schutze der Maschinen und Apparate zwischen Hilfsgenerator und Netznullpunkt eine Induktivität schaltet, welche ihrerseits bei Erdschluß an der Kompensation beteiligt ist, und daß man in vielen Fällen die Hilfspannung mit einer von der Netzfrequenz abweichenden Periodenzahl zuführt, müssen natürlich bei der Eichung des Instrumentes berücksichtigt werden. Die Vorschaltinduktivität verursacht eine Verschiebung des Instrumenten-Nullpunktes in das Gebiet der Unterkompensation. Läßt die Vorschaltinduktivität X_0 bei Erdschluß den Strom I_0 durchfließen, so muß man den Nullpunkt der Skala um den Betrag I_0 im oben angedeuteten Sinne verschieben, d. h. dahin legen, wo man I_0 Amp. unterkompensiert mißt, weil im Erdschlußfalle zu dem gemessenen Werte noch der Strom der Vorschaltspule hinzukommt.

Die abweichende Periodenzahl der Meßfrequenz bringt ebenfalls eine Nullpunktverschiebung mit sich, deren Charakter durch folgende Überlegung leicht zu erkennen ist. Angenommen, das Instrument mißt bei einer Periodenzahl von 49 Hz den Blindleitwert 0, dann wird bei Erdschluß mit 50 Hz kapazitiver Reststrom über die Erdschlußstelle fließen, dessen Größe etwa 4 % vom Werte des gesamten Erdschlußstromes beträgt, weil die Kapazität 2 % mehr, die Induktivität 2 % weniger Strom durchläßt als bei der Meßfrequenz. Kleinere Meßfrequenz verschiebt also den Nullpunkt der Skala im Sinne der Überkompensation.

An dieser Stelle muß noch auf einen anderen Umstand hingewiesen werden, der wenigstens bei sehr großen Netzen keinesfalls übersehen werden darf: wir meinen die Sättigungsverhältnisse der Erdschlußspulen. Die Sättigung des Eisens wird bei Erdschlußspulen so gewählt, daß bei Phasenspannung, also im Erdschlußfalle, das Knie der Magnetisierungskurve gerade überschritten ist. Da die Messung bei wesentlich kleinerer Spannung vorgenommen wird, also auch bei geringerer Sättigung, ist die Induktivität der Spulen während der Messung höher als bei Erdschluß. Durch diese Tatsache wird der Nullpunkt der Skala wiederum in das Gebiet der Unterkompensation gerückt. Da übrigens die Veränderung der Induktivität nur wenige Prozente beträgt, so kann man durch passende Wahl der Hilfsfrequenz den Einfluß der Sättigung und den Einfluß der Frequenzabweichung gegeneinander ausgleichen, so daß insgesamt

der Nullpunkt des Instrumentes wieder annähernd in der Mitte der Skala liegt.

Es bleibt nun noch einiges über die apparative Ausbildung der Einrichtung zu sagen. Zunächst ist die Größe der Hilfstromquelle festzulegen, die sich ganz nach der Ausdehnung des Netzes, d. h. nach dessen Erdschlußstrom richtet. Geht man von der Voraussetzung aus, daß der Netznullpunkt auf rd. 10 % der Phasenspannung gehoben werden soll, was, wie schon oben gesagt, ein zweckmäßiger Wert ist, und daß für die Bemessung der Maschinen des weiteren eine 20prozentige Verstimmung zugrunde gelegt werden soll, so muß die Hilfstromquelle eine Scheinleistung besitzen, die rd. 0,2 % der Erdschlußleistung des Netzes beträgt. Hierzu kommt noch die Scheinleistung, die von der Vorschaltinduktivität beansprucht wird und die wir mit etwa 0,8 % der Erdschlußleistung annehmen wollen; sie muß bei Überkompensation des Netzes zu der zwischen Netznullpunkt und Erde verbrauchten Scheinleistung, die dann auch induktiv ist, addiert werden. Bei Unterkompensation gleicht die Scheinleistung der Spule allerdings die Scheinleistung des Netzes zum Teil aus.

Die Hilfstromquelle für das Kompensometer eines 20 kV-Netzes mit 100 A Erdschlußstrom wäre demnach mit einer Leistung von

$$p = 100 \cdot \frac{20}{\sqrt{3}} \cdot 0{,}01 \approx 12 \text{ kVA}$$

zu bemessen. Da der Einfluß der Verlustwiderstände noch nicht berücksichtigt ist, müßte zu dieser Zahl noch ein kleiner Zuschlag gerechnet werden; man würde etwa, um ganz sicher zu gehen, eine 15 kVA-Maschine wählen. Immerhin ist auch das noch ein durchaus erträglicher Wert, zumal für eine Einrichtung, die nur zu Kontrollzwecken kurzzeitig im Betrieb ist.

Die Hilfspannung errechnet man in erster Annäherung durch Addition der Spannung, die an der Vorschaltinduktivität X_0 entsteht, zu der gewünschten Verlagerungsspannung; sie wäre im obigen Beispiel rd. 6 kV bei einer Vorschaltinduktivität von etwa 2300 Ω Reaktanz.

Die Meßleistung entnimmt man am besten einem Einphasengenerator, wenn die Spannung zu hoch wird, unter Zwischenschaltung eines Transformators. Der Generator wird von einem Asynchronmotor mit Regulieranker angetrieben, so daß die gewünschte Frequenz eingestellt werden kann. Will man das Einregeln umgehen, so kuppelt man den Generator über ein Vorgelege mit einem Synchronmotor, der bei kleinen Leistungen nach Einschaltung als Asynchronmotor hochfährt und selbsttätig in Synchronismus fällt.

Abb. 6 zeigt die Schaltung einer solchen Anlage. Dem Kompensometer *K* werden der Strom aus einem Stromwandler und die Spannung aus dem zwischen Netznullpunkt und Erde liegenden Spannungswandler zugeführt. Das Relais *Sch R*, welches anspricht, wenn ein Erdschluß während der Messung eintritt, sorgt dafür, daß die Schutzinduktivität direkt geerdet und der Maschinensatz abgeschaltet wird. Im übrigen ist Abb. 6 wohl verständlich.

Obgleich es an sich keine Schwierigkeiten bereitete, hat es doch keinen Sinn, die Meßgenauigkeit des Kompensometers übertrieben zu steigern, und zwar aus folgenden Gründen: Der an den Erdschlußspulen nicht kompensierbare Wattreststrom eines Netzes beträgt mindestens 5 % vom Erdschlußstrom. 5 % Fehlabstimmung erhöhen diesen Reststrom nur auf rd. 7 %, beeinträchtigen daher noch keinesfalls die Löschwirkung der Spulen. Eine Genauigkeit von 2 ... 3 % dürfte daher für das Kompensometer völlig ausreichend sein. Weiterhin ist zu bedenken, daß die Anzapfungen der Erdschlußspulen meist 5 ... 15 % Abstand voneinander haben, so daß eine sehr feinstufige Regelung gar nicht möglich ist, es sei denn in Netzen mit einer Anzahl von vielstufigen Spulen, die eine Menge Permutationen ergeben.

Abb. 7. Schalttafel mit der Kompensometer-Apparatur.

Es sei noch erwähnt, daß die Fernübertragung des Kompensometer-Ausschlages mit Hilfe eines Fernmeßverfahrens ohne Schwierigkeit möglich ist, so daß dem Lastverteiler die für ihn sehr wichtige Kenntnis des Kompensationsgrades seines Netzes auch von einer weit entfernten Stelle zugeleitet werden kann.

Zusammenfassend sei schließlich noch bemerkt, daß die Meßinstrumente und Steuerorgane für die Kompensometer-Apparatur auf einer Schalttafel (Ab. 7) untergebracht werden können und daß dieser Meßsatz mit wenigen Handgriffen anzulassen, einzuregeln und wieder abzustellen ist, so daß die Ablesung des Kontrollinstrumentes jederzeit in einfachster Weise möglich ist.

Jahresbericht der Abteilung für Elektrotechnik und Funkwesen der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt E. V., Berlin-Adlershof.

Von Prof. Dr. **Heinrich Faßbender**, Berlin.

Übersicht. Im nachfolgenden Bericht* wird ein kurzer Überblick über die Forschungstätigkeit der Abteilung in der Zeit vom 1. IV. 1930 bis 1. IV. 1931 gegeben. Zur weiteren Information wird auf die angeführten Literaturstellen verwiesen.

Der diesjährige Jahresbericht der Abteilung für Elektrotechnik und Funkwesen der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt E. V. bringt wiederum eine Zusammenstellung von kurzen Referaten der im Jahre 1930/31 durch Berichte abgeschlossenen Arbeiten der Abteilung, soweit sie nicht gedruckt, sondern nur einem kleinen Kreis von Interessenten zugänglich gemacht wurden. In einem weiteren Teil sind die in der Fachliteratur zum Teil schon zerstreut veröffentlichten Arbeiten der Abteilung gemeinsam zum Abdruck gebracht. Endlich wird ein Tätigkeitsbericht der Abteilung für das abgelaufene Geschäftsjahr gegeben. In diesem bildet der Bericht über die Forschungstätigkeit den Hauptteil, der nachfolgend auszugsweise wiedergegeben werden soll.

* Der Jahresbericht wird Interessenten von der DVL auf Wunsch zugesandt. — Der vorige Bericht wurde in der ETZ 1930, S. 1525, besprochen.

1. Fernmeldetechnik, insbesondere Funktechnik in ihrer Anwendung auf die Luftfahrt.

Entwicklung des Langwellen-Kleingerätes bei Telefunken und Lorenz[1].

Die Entwicklung der Langwellen-Kleingeräte[2] ist in der Hauptsache abgeschlossen. Eine ganze Anzahl von Langwellen-Kleingeräten der Firmen Telefunken G. m. b. H. und C. Lorenz AG. sind bereits in den regelmäßigen Verkehr der Deutschen Luft Hansa AG. eingesetzt worden.

Vergrößerung der effektiven Höhe der Schleppantenne[3].

Die schon im Vorjahre aufgenommenen Untersuchungen über die Vergrößerung der effektiven Höhe der Flugzeug-Schleppantenne[4] wurden zu einem gewissen Abschluß gebracht.

[1] Bearbeiter: Prof. Dr. H. Faßbender, Dr.-Ing. F. Eisner.

[2] DVL-Bericht Lf 64/1: F. Eisner u. G. Sudeck, Vorläufige Untersuchung der Langwellen-Kleingeräte.

[3] Bearbeiter: Dr.-Ing. F. Eisner, Dipl.-Ing. G. Sudeck.

[4] DVL-Bericht Lf 76/1: F. Eisner u. G. Sudeck, Vergrößerung der effektiven Höhe von Flugzeug-Schleppantennen. — 207. DVL-Bericht: F. Eisner, G. Sudeck, R. Schröer u. O. Zinke, Vergrößerung der effektiven Höhe von Flugzeug-Schleppantennen, Luftfahrtforschung Bd. 8, S. 141 (1931); gekürzter Abdruck in Z. Hochfrequenztechnik Bd. 37, S. 219 (1931); s. a. DVL-Jahrbuch 1931.

Die neue in L-Form hängende Antenne hat etwa die 3...4fache effektive Höhe[5] der jetzt üblichen Schleppantenne. Eine Schwierigkeit für ihre allgemeine Einführung liegt noch in der zur Zeit komplizierten Bedienung, an deren Vereinfachung mit der Industrie zusammen gearbeitet wird.

Effektive Höhe von festen Antennen[6].

In Fortführung der Untersuchung fest verspannter Antennen auf Ganzmetall-Flugzeugen wurden im letzten Berichtsjahr verschiedene feste Antennen untersucht, die ohne zusätzlichen Luftwiderstand längs der Tragflächen eines Doppeldeckers in Holzbau verlegt waren. Die Versuche wurden mit Grenzwellen vorgenommen (115...350 m).

Es ergab sich eine im Verhältnis zur Schleppantenne recht geringe effektive Höhe von rd. 1/2 m.

Zweckmäßigkeit der Telegraphie und Telephonie[7].

Bei den Untersuchungen über die Eignung des Telegraphie- oder Telephoniebetriebes im Flugfunkverkehr[8] wurden die früher vorgenommenen Silbenverständlichkeitsmessungen[9] durch Zeichenverständlichkeitsmessungen ergänzt. Bei einem Vergleich der beiden Betriebsarten ergibt sich, daß vom technisch-wissenschaftlichen Standpunkte aus der Telegraphiebetrieb der geringeren Störungen und der größeren Reichweite wegen vorzuziehen ist.

Untersuchungen an Grenzwellen[10].

Großes Interesse wurde der Untersuchung der Grenzwellen (100...400 m) zugewandt. Insbesondere wurde durch Ausbreitungsflüge die Konstante der Ausbreitungsdämpfung für die Bodenwelle ermittelt.

Ferner wurde die Abhängigkeit der am Boden gemessenen Feldstärke eines sendenden Flugzeuges von der Flughöhe untersucht. Während sich bei langen Wellen (650 bzw. 2000 m) kein systematischer Einfluß der Flughöhe zeigt, ist die Änderung der Empfangsfeldstärke mit der Höhe um so stärker, je kürzer die Wellenlänge wird. Die Feldstärke fällt zunächst mit zunehmender Flughöhe bis zu einem kleinsten Wert, der in um so kleinerer Höhe erreicht wird, je kürzer die Welle ist. Danach steigt die Feldstärke wieder an und beträgt in 3000 m Höhe für $\lambda = 353$ m etwa 4/3, für $\lambda = 115$ m dagegen das Siebenfache des Kleinstwertes.

Sodann wurden erfolgreiche Versuche unternommen, die Grenzwellen für den Funkverkehr der Wetterflugzeuge nutzbar zu machen. Die Versuche fanden auf einer Welle von etwa 160 m, u. zw. zunächst mit Telephonie statt. Zur Zeit werden bei der Wetterflugstelle Königsberg mit dem Gerät Betriebserfahrungen gesammelt, über die endgültige Ergebnisse noch nicht vorliegen. Hierbei ist zu beachten, daß insbesondere in offenen Flugzeugen wesentliche Gesichtspunkte für die Einführung von Telegraphie im Gegensatz zur Telephonie sprechen dürften.

Entwicklung der Kurzwellengeräte für die Strecke Cadiz—Las Palmas[11].

Für den Luftverkehr, welcher über ausgedehnte Gebiete ohne eigentliche Bodenorganisation führt, kommen zur Nachrichtenübermittlung hauptsächlich die kurzen Wellen in Betracht[12]. Dementsprechend wurden in Zusammenarbeit mit der Deutschen Luft Hansa AG. und mit der Funkindustrie (C. Lorenz AG. und Telefunken G. m. b. H.) Kurzwellen-Bordstationen entwickelt, welche zunächst auf der 1300 km langen über See führenden Strecke Cadiz—Las Palmas eingesetzt werden sollen. Die Bordsender sind fremdgesteuert und geben eine Antennenleistung von etwa 20...50 W. Für die Empfänger wurden zwei grundsätzlich verschiedene Schaltarten gewählt. Die eine besteht aus zweistufiger Hochfrequenzverstärkung mit Schirmgitterröhren, Schwingaudion und zweistufiger Niederfrequenzverstärkung. Bei der anderen Schaltart wird das von der DVL angegebene Prinzip des quarzgesteuerten Überlagerers mit Zwischenfrequenz-Erzeugung angewandt. Als Zwischenfrequenz-Verstärker kann hierbei der normale Peilempfänger oder Flugzeug-Sekundärempfänger benutzt werden. Auf diese Weise läßt sich der Kurzwellenempfang mit Hilfe der für den Verkehr mit Schiffen ohnedies erforderlichen Langwellen-Empfangsgeräte durch Zuschaltung eines leichten Vorsatzgerätes ermöglichen. Die eine der Kurzwellen-Bordstationen wurde bereits von der DVL mit zufriedenstellendem Ergebnis im Betrieb geprüft.

Messungen an den Nauener Kurzwellen-Richtantennen[13].

Die im vorigen Jahre begonnenen Strahlungsmessungen an Kurzwellen-Richtantennen der Großfunkstelle Nauen[14] wurden fortgesetzt. Gemessen wurden die Horizontal- und Vertikalkennlinien des nach Nordamerika gerichteten Senders DFA. Diese Charakteristiken wurden auf ihre Übereinstimmung mit den gerechneten Kennlinien geprüft. Insbesondere ergab sich eine günstige Reflektorwirkung bei dem hier angewandten Prinzip des gespeisten Reflektors[15].

Fadingsuntersuchungen[16].

Mit dem von der DVL für Fadingsausgleich vorgeschlagenen und im Vorjahr bereits geprüften Zweikreis-Sendeverfahren wurden weitere Untersuchungen durchgeführt. Der Sender war in Adlershof aufgestellt, der Empfang wurde gleichzeitig in Dresden (150 km Entfernung) und in Reichenhall (525 km) beobachtet. An beiden Stellen wurden mit einem Siemens & Halske-Schnellschreiber Aufzeichnungen des Empfangs gemacht. Die Auswertung der Schreibstreifen ergab bezüglich der Fadings eine wesentliche Überlegenheit des neuen Sendeverfahrens gegenüber dem normalen[17, 18, 19].

Weitere Untersuchungen hatten den Zweck, den Einfluß der Sendeart auf die Stärke der Fadings zu ermitteln.

Nach amerikanischen Arbeiten ergab sich, daß der Verlauf der Schwunderscheinungen bei eng benachbarten Frequenzen verschieden ist. Demnach ist anzunehmen, daß bei gleichzeitiger Ausstrahlung mehrerer Frequenzen, wie z. B. bei Modulation, sich ein gewisser Ausgleich der Schwunderscheinungen ergeben muß. Von besonderem Interesse ist hierbei die Frage nach der Anzahl und dem Frequenzabstand der Seitenfrequenzen, die für einen wirksamen Fadingsausgleich erforderlich sind. Zu diesem Zweck wurde eine Modulationseinrichtung entwickelt, welche es ermöglichte, die Anzahl der Seitenfrequenzen zu verändern, während die Amplituden bei allen Frequenzen gleich groß waren. Bei den ersten Untersuchungen zeigte sich, daß die normalen Empfangsmethoden kein klares Bild der sehr verwickelten Verhältnisse geben konnten. Überdies erschien es vorteilhaft, sender- und empfangseitig zunächst Maßnahmen zu treffen, die eine Trennung der Schwunderscheinungen nach ihren Ursachen ermöglichen. Geeignete Methoden sind bereits entwickelt und sollen für die weitere Untersuchung verwendet werden.

Messungen von Charakteristiken von Kurzwellenantennen für einsitzige Flugzeuge[20].

Von verschiedenen Flugzeug-Kurzwellenantennen (Horizontaldipol und kurzer Vertikalmast) wurden am Boden die Strahlungscharakteristiken aufgenommen, u. zw. in der Horizontalebene und in der Vertikalebene. Diese Messungen, welche jeweils bei verschiedenen Wellenlängen gemacht wurden, ergaben eine Klärung des Einflusses, den der metallische Rumpf und die gleichfalls metallischen Tragflächen eines Flugzeuges auf die Form der Strahlungscharakteristik ausüben. Die gemessenen Strahlungs-

---

[5] Die Zahl der mit ihr erreichbaren Meterampere beträgt etwa das 2...3fache.

[6] Bearbeiter: Dr.-Ing. F. Eisner, Dipl.-Ing. G. Sudeck.

[7] Bearbeiter: Dr.-Ing. F. Eisner.

[8] DVL-Bericht Lf 51/1: F. Eisner, Feststellung der Zeichenfeldstärke bei Langwellenempfang bei gegebenem Störspiegel. II. Teilbericht: Untersuchung des Telegraphieempfangs im Flugzeug. — F. Eisner, Über die Zweckmäßigkeit der Telegraphie und Telephonie im Flugfunkverkehr mit Berücksichtigung neuer experimenteller Ergebnisse (206. DVL-Bericht), Vortrag, gehalten am 2. IX. 1930 auf dem 5. Internat. Luftfahrtkongreß im Haag. S. a. DVL-Jahrbuch 1931.

[9] F. Eisner. Anwendung der Silbenverständlichkeitsmessungen in der drahtlosen Telephonie (148. DVL-Bericht), DVL-Jahrbuch 1930, S. 544.

[10] Bearbeiter: Dr.-Ing. F. Eisner, Dr.-Ing. P. von Handel, Dipl.-Ing. G. Sudeck.

[11] Bearbeiter: Prof. Dr. H. Faßbender, Dr. K. Krüger, Dr.-Ing. H. Plendl.

[12] H. Faßbender, Die Vorzüge des Kurzwellenverkehrs mit Flugzeugen (97. DVL-Bericht), DVL-Jahrbuch 1928, S. 231.

[13] Bearbeiter: Dr. K. Krüger, Dr.-Ing. H. Plendl.

[14] K. Krüger u. H. Plendl, Bericht über die Aufnahme der Strahlungskennlinien des Kurzwellen-Richtstrahlsystems DGY in Nauen (172. DVL-Bericht), DVL-Jahrbuch 1930, S. 587.

[15] DVL-Bericht Lf 49/1: K. Krüger u. H. Plendl, Horizontale Strahlungskennlinie einer Kurzwellen-Richtantenne mit gespeistem Reflektor. Vgl. a. Z. Hochfrequenztechnik Bd. 37, S. 142 (1931), ferner DVL-Jahrbuch 1931.

[16] Bearbeiter: Prof. Dr. H. Faßbender, Dr. K. Krüger, Dr.-Ing. P. von Handel, Dr.-Ing. H. Plendl.

[17] DVL-Bericht Lf 79/1; K. Krüger u. H. Plendl, Untersuchungen über Schwunderscheinungen bei kurzen Wellen, Z. techn. Phys. Bd. 11, S. 478 (1930).

[18] K. Krüger u. H. Plendl, Über ein Verfahren zum Ausgleich von Schwunderscheinungen bei kurzen Wellen, Z. Hochfrequenztechnik Bd. 35, S. 191 (1930).

[19] Eine Zusammenstellung über den gegenwärtigen Stand der Kenntnisse über die Schwunderscheinungen findet sich im Referat von H. Plendl nach T. L. Eckersley, Untersuchung von kurzen Wellen, Z. Hochfrequenztechnik Bd. 37, S. 27 (1931), [J. Inst. El. Engs. London Bd. 67, S. 992 (1929)].

[20] Bearbeiter: Dr.-Ing. H. Plendl.

kennlinien wurden z. T. auch theoretisch abgeleitet, mit dem Ergebnis, daß von dem speziellen Fall des Versuchsaufbaues auf jeden ähnlichen praktischen Fall geschlossen werden kann. Bei einer der Antennenformen wurde die räumliche Charakteristik im Fluge kontrolliert. Hierbei wurden zwei Flugzeuge verwendet, welche relativ zueinander jede gewünschte Lage im Raum einnehmen konnten.

Tastgerät[21].

Mit Rücksicht auf die Empfangschwierigkeiten in offenen Flugzeugen wurden Versuche mit einem hinter den Empfänger geschalteten Tastgerät ausgeführt. Dieses Gerät bestand aus einem mit dem Kopfhörer gekoppelten Tongenerator, welcher durch die Empfänger-Ausgangsspannung im Rhythmus der Telegraphiezeichen ein- und ausgetastet wird. Die Verwendung eines solchen Tastgerätes kann namentlich dann vorteilhaft sein, wenn bei ausreichender Lautstärke der Zeicheнton in hohem Maße zerstört erscheint. In diesem Falle hebt sich das direkt hinter dem Empfänger abgehörte Zeichen nur sehr schlecht vom Störspiegel ab, während es hinter dem Tastgerät als musikalisch reiner Ton ohne Störhintergrund sehr gut zu lesen ist.

Da sich das Tastgerät leicht so bauen läßt, daß es sowohl auf tiefe wie auf hohe Schwebungsfrequenzen anspricht, so hat auch ein kontinuierliches Wandern der Sender- und Überlagerungsfrequenz in gewissen Grenzen keinen Einfluß auf die Tastung der Zeichen. Dies bedeutet, daß man einen mit Tastgerät ausgerüsteten Empfänger in vielen Fällen für kürzere oder längere Zeit ausschalten kann, ohne ihn nach Wiedereinschalten nachstimmen zu müssen.

Untersuchungen über das Verhalten von quarzgesteuerten Sendern[22].

Der Stabilisierung der Frequenz insbesondere von Kurzwellensendern und -empfängern kommt in der Luftfahrt eine erhöhte Bedeutung zu[23]. Da überdies Geräte von möglichst geringem Gewicht anzustreben sind, hat sich die Stabilisierung der Schwingungen durch Quarzkristall als besonders geeignet erwiesen, da gleiche Stabilität sonst nur durch erheblich festere Konstruktion der Geräte und mithin durch höhere Baugewichte zu erreichen ist. Die Arbeit[24] hat die theoretische Klärung der wichtigsten Punkte zur Aufgabe, die zur Entwicklung von quarzgesteuerten Sendern und Empfängern maßgebend sind. Es wird nachgewiesen, daß Quarzsteuerung auch bei sehr hohen Frequenzen möglich ist, und es werden Angaben zur günstigsten Dimensionierung solcher Geräte in Hinsicht auf die Wahl der Röhren, der Schwingkreisdaten, der Abstimmung und der Tastung gemacht.

Herabsetzung des elektrischen Störspiegels[25].

Die Versuche zur Herabsetzung des elektrischen Störspiegels wurden im Berichtsjahr fortgesetzt.

Hinsichtlich der Zündstörung wurde insofern ein Abschluß erzielt, als die von der Robert Bosch AG. gebaute abgeschirmte Magnetzündanlage in einer Reihe von Flügen auf ihre Brauchbarkeit hin untersucht und für gut befunden wurde. Die von der Firma hergestellten abgeschirmten Kerzen zeigen eine günstigere Abkühlung als früher vermutet wurde. Infolgedessen dürften die für die verschiedenen Motormuster notwendigen Zündkerzen mit Abschirmung bald vorliegen. Empfangstechnisch hat sich die Abschirmung gleichfalls bewährt; in dem normalen Wellenbereich sind Störungen nicht mehr wahrzunehmen.

Gemeinsam mit der Robert Bosch AG. werden zur Zeit Versuche über abgeschirmte Batteriezünder vorgenommen.

Da die Erschütterungsstörungen in Luftfahrzeugen einen hohen Anteil am Störspiegel haben (insbesondere bei kurzen Wellen), wurde dieser Art von Störungen weitgehend nachgegangen[26]. Die Versuche wurden am Flugzeug im Laboratorium und in der Luft vorgenommen. Sie ergaben einmal, daß ein erheblicher Teil der Erschütterungsstörungen von elektrischen Vorgängen im Antennensystem, wozu auch der Flugzeugkörper gehört, herrührt. Diese können vermieden werden durch Wahl solcher Empfangschaltungen, bei welchen die Kopplung zwischen Schwingkreisen und Antennenkreisen möglichst lose ist.

Die gleichzeitigen Untersuchungen über den Einfluß des Abbindens ergaben, daß dadurch nur bei sorgfältigster Ausführung ein Erfolg zu erwarten ist. Aus empfangstechnischen Gründen wird auf derartig weitgehendes Abbinden verzichtet werden können, sofern die Empfänger entsprechend gebaut sind.

Die Erschütterungsempfindlichkeit der Empfänger wurde gleichfalls geprüft und festgestellt, daß sie in erster Linie auf den sogenannten Mikrophoneffekt zurückzuführen ist. Die günstigen Eigenschaften des durch Quarz stabilisierten Empfängers wurden durch eine Reihe von Laboratoriumsversuchen bestätigt. Zur Zeit wird versucht, durch Wahl von stabilen Einzelelementen sowie durch gegossene Gehäuse den Mikrophoneffekt bei unstabilisierten Empfängern zu beseitigen.

Fernmessung[27].

Die Entwicklung des im vorigen Jahresbericht erwähnten drahtlosen Fernmeßgerätes wurde gemeinsam mit den Askania-Werken AG. fortgeführt. Eine vorläufige Veröffentlichung erschien in der Zeitschrift Arktis[28].

2. Navigation mittels elektrischer, besonders Hochfrequenz-Methoden.

Eigenpeiler[29].

Im Berichtsjahr wurden die Entwicklungsarbeiten am Flugzeug-Eigenpeilgerät[30] in Zusammenarbeit mit der Telefunken G. m. b. H. beendet, so daß z. Z. bereits drei Flugzeuge der Deutschen Luft-Hansa AG. mit Eigenpeilgerät ausgerüstet werden konnten.

Fehlpeilungen durch Nacht- und Dämmerungseffekt[29].

Die Fehlpeilungen, die während der Dämmerung und des Nachts durch die Einwirkung der an der Heavisideschicht reflektierten Welle entstehen, führten zu ausgedehnten Untersuchungen dieser Erscheinungen. Einige an verschiedenen Tagen mittels transportabler Peilanlage aufgenommene Meßreihen zwischen Adlershof und Dresden ließen eine schnelle Zunahme der Peilfehler mit wachsender Entfernung vom Sender erkennen, so daß für solche über 100 km für die Luftfahrt-Navigationswelle die Nacht- und Dämmerungspeilungen in der Regel als unsicher anzusehen sind. Mehrere Flüge, die zum Teil gemeinsam mit der Deutschen Luft-Hansa AG. ausgeführt wurden, bestätigten dieses Ergebnis.

Veränderliche Fehlweisung bei Tage[29].

Neben den Untersuchungen des Nacht- und Dämmerungseffektes, die auch auf die Eigen- und Mischpeilung ausgedehnt wurden, wurden die im praktischen Peilbetrieb auf einigen Flughafen-Bodenpeilstellen beobachteten veränderlichen Fehlweisungen bei Tage Gegenstand der Forschung.

Funkbeschickung von Flugzeugen[29].

Des weiteren wurde die Ermittlung der Funkbeschickung eines Flugzeuges in der Luft, des Einflusses der Schleppantenne auf die Bordablenkung und der Genauigkeit der Eigenpeilung durch photogrammetrische Meßflüge ermöglicht[31].

Leitstrahlverfahren[29].

Gemeinsam mit der C. Lorenz AG. wurden die Untersuchungen der Leitstrahlverfahren fortgesetzt[32]. Diese stellte ihre nach dem Wechseltastverfahren arbeitende Richtfunkbake zur Verfügung. Ihre Richtfunkcharakteristik wurde durch Feldstärkemessungen in Adlershof ermittelt und eine Reihe von Flügen in verschiedenen Richtungen ausgeführt. Auf Grund dieser ergab sich eine wesentliche Überlegenheit der Vertikalmastantenne für den Leitstrahlempfang im Flugzeug. Weitere Fortschritte brachte der Übergang von der akustischen zur optischen Anzeige. Einen wesentlichen Teil der Untersuchungen bildete die Feststellung des Leitstrahlverlaufes, der durch mehrere Automeßfahrten ermittelt wurde. Es konnten teils lokale Störungen im Verlauf des Strahles festgestellt

[21] Bearbeiter: Dr. K. Krüger.

[22] Bearbeiter: Dr.-Ing. P. von Handel.

[23] P. von Handel, K. Krüger u. H. Plendl, Quarzsteuerung von Kurzwellenempfangern (141. DVL-Bericht), DVL-Jahrbuch 1930, S. 531.

[24] P. von Handel, Untersuchungen über das Verhalten von quarzgesteuerten Sendern (200. DVL-Bericht), Luftfahrtforschung Bd. 8, S. 121 (1930); s. a. DVL-Jahrbuch 1931.

[25] Bearbeiter: Dipl.-Ing. W. Brintzinger, Dr.-Ing. P. von Handel, Dr.-Ing. H. Viehmann.

[26] DVL-Bericht Lf. 71/1: W. Brintzinger u. H. Viehmann, Untersuchungen über Empfangsstörungen an ortsbeweglichen Empfangern, 1. Teil: Störungen durch Erschütterungen des Antennensystems (Antenne und Fahrzeugmasse); 2. Teil: Störungen durch Erschütterung des Empfangers; 3. Teil: Messungen im Flug. — W. Brintzinger, P. von Handel u. H. Viehmann, Erschütterungsstörungen bei ortsbeweglichen Empfangern (211. DVL-Bericht), Z. Hochfrequenztechnik Bd. 38, S. 1 (1931); s. a. DVL-Jahrbuch 1931.

[27] Bearbeiter: G. Sudeck.

[28] G. Sudeck, Über drahtlose Fernregistrierung, Arktis (Vierteljahresschrift der Internationalen Gesellschaft zur Erforschung der Arktis mit Luftfahrzeugen Jahrgang 1930, H. 1/2.

[29] Bearbeiter: Dipl.-Ing. M. H. Gloeckner.

[30] M. H. Gloeckner, Der Bordpeilempfänger im Flugzeug (126. DVL-Bericht), DVL-Jahrbuch 1929, S. 233.

[31] Siehe M. H. Gloeckner, Über die Funkbeschickung eines Flugzeuges, DVL-Jahrbuch 1931.

[32] Festschrift der C. Lorenz AG., Berlin-Tempelhof, 1930, S. 348.

werden, teils Pendelungen des Strahles, die ihre Ursache auf der Sendeseite hatten. Diese Störungen sind in ihrem bisher festgestellten Umfang zwar ohne wesentliche Bedeutung für die Leitstrahlnavigierung, jedoch verlangt das Verfahren in seiner Anwendung noch eine weitergehende Durcharbeitung.

Untersuchung der Navigation unter Ausnutzung sehr kurzer Wellen[33].

Im Rahmen der Versuche mit sehr kurzen Wellen[34] wurde je ein Sende-Empfangs-Gerät von der Telefunken G. m. b. H. und der C. Lorenz AG. untersucht. Die Untersuchung erstreckte sich auf technische Einzelheiten sowie auf die Messung der Silbenverständlichkeit nach den Silbentexten der Siemens & Halske AG.

Die Untersuchung der Eignung der sehr kurzen Wellen zu Fern- und Nahpeilung wurde von der DVL gemeinsam mit der C. Lorenz AG. bearbeitet, wobei die Forschungsergebnisse des Laboratoriums von Prof. Esau in Jena zugrunde gelegt wurden. Es stellte sich heraus, daß die bisher bekannten Empfangsverfahren nach dem Superregenerativprinzip erhebliche Schwierigkeiten bieten, die eine praktische Anwendung der Verfahren in nächster Zeit kaum versprechen. Es wird beabsichtigt, von neuen Gesichtspunkten ausgehend, Arbeiten mit sehr kurzen Wellen zur Auffindung eines Verfahrens zur Erleichterung der Nebellandung auszuführen.

3. Erleichterung der Nebellandung[35] mittels elektrischer Methoden.

Zur Erleichterung der Nebellandung auf vorbereiteten Plätzen wurde das Leitkabelverfahren weiter ausgebaut, nachdem die im Vorjahr geleistete Arbeit die grundsätzliche Verwendbarkeit mittelfrequenzbeschickter Kabel ergeben hatte. Das Verfahren wurde in der Weise modifiziert, daß das Ringkabel mit Wechselströmen verschiedener Frequenz gleichzeitig gespeist wurde. Hierbei wird das Außen- und Innenfeld des Flughafens eindeutig gekennzeichnet, wobei als Kriterium für die Platzgrenzen die Phasenbeziehungen des synthetischen Koppelfeldes herhalten. Daraus ergibt sich als besonderer Vorteil, daß die Anzeige von der Empfangsamplitude weitgehend unabhängig wird. Darüber hinaus besitzt das Empfangsgerät eine selbsttätige Amplitudenregelung und arbeitet mit optischer Anzeige. Das Verfahren ist im Laboratorium bereits erprobt, so daß die Versuchsflüge in absehbarer Zeit bevorstehen.

4. Elektrische Bordinstrumente.

Elektronenstrahlkompaß[36].

Der für die Eigenpeilung durch seine trägheitslose Anzeige bedeutungsvolle Elektronenstrahlkompaß wurde gemeinsam mit dem Forschungsinstitut der AEG weiterentwickelt. Die Arbeiten wurden zunächst auf eine breite Grundlage gestellt und die Eignung des Kompasses für die allgemeine Luftnavigierung durch mehrere photogrammetrisch kontrollierbare Meßflüge untersucht. Hierbei ergab sich zwar die grundsätzliche Brauchbarkeit des Verfahrens, jedoch zeigten sich in der Helligkeit und Größe des Lichtflecks, der Kleinheit der Skala und im Gewicht und Raumbedarf Mängel. Inwieweit das Gerät als Steuerkompaß für den Flugzeugführer in Frage kommen kann, ist z. Z. nicht entschieden. Bei den ersten dahingehenden Versuchen ergaben sich Einbauschwierigkeiten infolge von Störungen durch den Zündmagnet, deren Beseitigung versucht wird.

[33] Bearbeiter: Prof. Dr. H. Faßbender, Dr.-Ing. P. von Handel.
[34] H. Faßbender u. G. Kurlbaum, Abhängigkeit sehr kurzer Wellen von der Höhe des Senders über der Erde (125. DVL-Bericht), DVL-Jahrbuch 1929, S. 230.
[35] Bearbeiter: Dipl.-Ing. M. H. Gloeckner.
[36] Bearbeiter: Dipl.-Ing. M. H. Gloeckner, Dipl.-Ing. G. Sudeck.

Entwicklung eines relativen Höhenmessers[37].

Gemeinsam mit dem Instrumentenauschuß beim Reichsverkehrsministerium wurden die Richtlinien für einen relativen Höhenmesser mit direkter Zeigerablesung aufgestellt. Es wurden solche Geräte bei der Industrie in Auftrag gegeben, die mit selektivem Sender und selektivem Empfänger arbeiten und die möglichst ständig die Ablesung der Höhe über Grund gestatten. Die Apparate arbeiten mit akustischen Wellen nach dem Echoverfahren.

5. Elektroakustische Untersuchungen im Flugzeug und an Motoren- und Propellerprüfständen[37].

Sowohl der drahtlose Empfang im Flugzeug als auch die Gesundheit von Flugzeugführer und -mitflieger leiden stark unter dem Einfluß des Lärms, der hauptsächlich vom Flugmotor und der Luftschraube ausgeht. Um Unterlagen zur Bekämpfung des Flugzeuglärms zu erhalten, wurde mit der Analyse der Geräusche begonnen. Diese Untersuchungen sollen gleichzeitig sichere Grundlagen schaffen für die Entwicklung von Bordgeräten, die sich der Schallwellen bedienen, wie z. B. eines relativen Höhenmessers.

6. Arbeiten allgemein elektrotechnischer Art[38].

Meßtechnische Arbeiten gemeinsam mit der Motorenabteilung.

Es wurde mit Untersuchungen über die direkte Messung der indizierten Leistung von Kolbenmaschinen begonnen, bei denen als Grundlage das bei der DVL entwickelte Verfahren zur Aufnahme des Druckverlaufs im Zylinder der Verbrennungskraftmaschinen dient.

Eine Untersuchung über den Stirnwiderstand windgetriebener Generatoren ergab, daß es besonders für schnellere Flugzeuge wirtschaftlicher ist, die Generatoren unmittelbar durch den Verbrennungsmotor anzutreiben.

Die Prüfeinrichtungen der Versuchsanstalt wurden im Berichtsjahr weiter ausgedehnt, insbesondere wurde für die Motorenabteilung der erste Teil der elektrischen Ausrüstung eines großen Prüfstandes beschafft. Die Einzylinder-Versuchsanlage wurde elektrisch erweitert und ergänzt. Die Abteilungen der DVL wurden laufend beraten.

[37] Bearbeiter: Prof. Dr. H. Faßbender, Dr.-Ing. F. Eisner.
[38] Bearbeiter: Dipl.-Ing. W. Brintzinger, Dr.-Ing. F. Eisner, Dr.-Ing. H. Viehmann.

Die Selbsterregung des Hauptstrom-Phasenschiebers.

Von Dr. **T. Schmitz**, Dresden.

Übersicht. Es wird gezeigt, daß bei einem durch Hauptstrom-Phasenschieber mit Ständerwicklung erregten Induktionsmotor in der Nähe des Leerlaufes Selbsterregung mit einer von der Netzfrequenz abweichenden Periodenzahl auftreten kann.

Unter dem Selbsterregungsvermögen eines Phasenschiebers soll verstanden werden, daß dieser, auf eine Impedanz geschaltet, einen Strom zu liefern imstande ist. Die Maschine muß also Wirk- und Blindleistung liefern, und dies kann natürlich nur eine solche tun, die ein Drehmoment entwickelt, die also eine feste und eine bewegliche Armatur besitzt. Der Leblancsche Phasenschieber scheidet demnach aus, obgleich er auch ein Hauptstrom-Phasenschieber ist und häufig als eigenerregt bezeichnet wird. Zu den Maschinen, auf die sich die vorliegenden Betrachtungen beziehen, gehört der Phasenschieber nach Nehlsen[1] und der nach Heyland[2]. Beide Maschinen sind grundsätzlich gleich und lassen sich schematisch durch Abb. 1 darstellen. Liegt der Hauptmotor an Spannung, so wird in dem Rotorkreis, auf den der Phasenschieber geschaltet ist, eine EMK von Schlupffrequenz induziert. Bei Belastung des Motors hat diese EMK eine Komponente in Richtung des Sekundärstroms, sie beteiligt sich also an der Deckung der Wirkleistung im Sekundärkreis. Eine reine Selbsterregung des Phasenschiebers im definierten Sinne tritt also nur im Leerlauf des Hauptmotors auf, wenn die Schlupfspannung dem Sekundärstrom um 90° nacheilt und wie ein induktiver Widerstand wirkt[3]. Das Vektordiagramm des Sekundärkreises für diesen Fall zeigt Abb. 3. Der Winkel α ist gegeben durch den Winkel β zwischen Bürstenachse und der Achse der Ständerwicklung (Abb. 1) und durch das Verhältnis K der Stator-AW. zu den Rotor-AW. des Phasenschiebers, u. zw. ist

$$\cos\alpha = \frac{K \sin\beta}{\sqrt{1 + K^2 - 2K\cos\beta}}.$$

[1] Nehlsen, ETZ 1917, S. 584.
[2] Heyland, ETZ 1928, S. 385; 1930, S. 1545.

[3] Eilt die Schlupfspannung dem Strome um mehr als 90° nach, so stellt sie eine Impedanz dar, und es liegt ebenfalls reine Selbsterregung des Phasenschiebers vor. Der Zustand entspricht dem untersynchronen Generatorbetrieb oder dem übersynchronen Motorbetrieb. Er wird an späterer Stelle noch behandelt werden.

Wegen des Hauptschlußcharakters des Phasenschiebers ist die erzeugte EMK vom Belastungsstrom abhängig. Wir setzen $E_K = c\,I$, wobei aber zu beachten ist, daß c infolge der Krümmung der magnetischen Charakteristik keine Konstante ist. Abb. 2 zeigt z. B. E_K und c über I unter Annahme eines bestimmten Bürstenwinkels. Der Parameter c kann sämtliche Werte zwischen Null und einem Maximalwert c_{max}, der durch die Tangente im Ursprung gegeben ist, annehmen. Aus dem Vektordiagramm Abb. 3 folgt $c = \frac{R}{\cos\alpha}$. Sofern $\frac{R}{\cos\alpha}$ nicht größer als c_{max} ist, liegen c und somit I, E_K und das ganze Vektorendreieck fest. Die eine Seite desselben, $E_K \sin\alpha$, setzt sich zusammen aus dem induktiven Spannungsabfall im Phasenschieber $\sigma X_0 I$ und der Schlupfspannung $E_2 \sigma$. Hierbei bedeutet X_0 die Reaktanz des Phasenschiebers bei Netzfrequenz, σ den Schlupf und E_2 die sekundäre Stillstandspannung des Hauptmotors. Für den Schlupf finden wir also die Formel $\sigma = \frac{E_K \sin\alpha}{E_2 + X_0 I}$. X_0 ist eine Funktion von α. Man kann sich die Stator-AW. des Phasenschiebers stets zerlegt denken in eine Komponente, die die Rotor-AW. aufhebt, und in eine restliche Komponente, die die eigentlichen Erreger-AW. darstellt und deren Reaktanz gleich der gesamten Reaktanz der Maschine ist. Die restlichen Erreger-AW. ergeben sich zu

$$A W_{Err} = A W_{Rot} \sqrt{1 + K^2 - 2 K \cos\beta}.$$

Hieraus findet man leicht die Windungszahl der fiktiven Erregerwicklung, und da sich ferner aus $A W_{Err}$ der Kraftfluß Φ ergibt, so ist auch X_0 bekannt. Durch die Wahl von K, β, R und die magnetische Charakteristik des Phasenschiebers sind also der Schlupf des Motors und somit seine Drehzahl und die Frequenz im Sekundärteil festgelegt.

Für jeden Erregungsvorgang, der sich im Sekundärkreis bei der gleichen Drehzahl mit anderer Frequenz abspielt, sind die Netzspannung und die sekundäre Schlupfspannung als nicht vorhanden anzusehen. Die mit Schlupffrequenz erfolgende Selbsterregung des Phasenschiebers soll betriebsmäßige oder reguläre, jede andere als störende oder parasitäre bezeichnet werden. Im Fall der parasitären Selbsterregung stellt

Abb. 1. Schaltbild eines Induktionsmotors mit Hauptstrom-Phasenschieber.

Abb. 2. Magnetische Charakteristik und c-Werte zu dem Zahlenbeispiel für $\beta = 17° 20'$.

der Hauptmotor einen in den Kreis des Phasenschiebers eingeschalteten Transformator dar, dessen eine Wicklung über die Impedanz des Netzes geschlossen ist. Da die beiden Wicklungen des Transformators sich gegeneinander bewegen, treten primär und sekundär verschiedene Periodenzahlen auf. Der Läufer des Hauptmotors stellt in bezug auf den Stromkreis des Phasenschiebers den primären und und der Stator den sekundären Teil des Transformators dar. Der sekundäre Widerstand R_2 läßt sich durch einen auf primär reduzierten Widerstand R_2' ersetzen, der dadurch definiert ist, daß er mit dem Primärstrom die sekundären ohmschen Verluste ergeben soll. Es ist also

$$I_1^2 R_2' = I_2^2 R_2 \text{ oder } R_2' = R_2 \left(\frac{I_2}{I_1}\right)^2.$$

Im Sekundärkreis wirken die 3 EMKe $\omega_2 I_1 M$, $\omega_2 I_2 L_2$ und $I_2 R_2$, wobei M der gegenseitige Induktionskoeffizient, L_2 der totale sekundäre Selbstinduktionskoeffizient, R_2 der gesamte sekundäre Widerstand und ω_2 die sekundäre Kreisfrequenz sind. Die drei EMKe setzen sich zu einem rechtwinkligen Dreieck zusammen, und es ist:

$$(\omega_2 I_1 M)^2 = (\omega_2 L_2 I_2)^2 + (I_2 R)^2.$$

Hieraus folgt

$$\left(\frac{I_2}{I_1}\right)^2 = \frac{(M\,\omega_2)^2}{(L_2\,\omega_2)^2 + R_2^2},$$

und dies in den Ausdruck R_2' eingesetzt, ergibt:

$$R_2' = \frac{R_2 (M\,\omega_2)^2}{(L_2\,\omega_2)^2 + R_2^2}.$$

Ebenso findet man für den reduzierten Selbstinduktionskoffizienten, indem man die Blindleistungen gleichsetzt:

$$L_2' = \frac{L_2 (\omega_2 M)^2}{(L_2\,\omega_2)^2 + R_2^2}.$$

Abb. 3. Vektordiagramm des Läuferstromkreises bei Leerlauf.

Abb. 4. Vektordiagramm des Läuferstromkreises bei Belastung.

Der reduzierte sekundäre Widerstand addiert sich zum primären, so daß der totale Widerstand des Stromkreises $R_1 + R_2'$ wird. Der reduzierte sekundäre Selbstinduktionskoeffizient subtrahiert sich dagegen vom primären, da die Selbstinduktion eines Transformators bei offenem Sekundärteil am größten ist. Es ist also $L = L_1 - L_2'$[*4]. Die sekundäre Kreisfrequenz ω_2 setzt sich zusammen aus der primären ω_1 und der Umlauffrequenz ω_m des Motors, und es ist $\omega_2 = \omega_1 + \omega_m$. Das Pluszeichen ist zu nehmen, da an der Schaltung des Phasenschiebers gegenüber der Schaltung für reguläre Selbsterregung nichts geändert wurde. Bei der regulären Selbsterregung läuft das Rotorfeld im Untersynchronismus im gleichen Sinne um wie der Rotor. Da der Umlaufsinn, in dem sich der Phasenschieber erregt, bei gegebenen Wicklungsdaten nur von der Drehrichtung und vom Bürstenwinkel abhängt, so muß er für die störende Selbsterregung der gleiche sein wie für die reguläre. Die Frequenz der störenden Selbsterregung ergibt sich aus der Formel $\frac{\omega L}{R} = \operatorname{tg}\alpha$. Setzt man die vorhin gefundenen Werte für L und R ein, so erhält man eine Gleichung dritten Grades. Diese lautet

$$E\,\omega^3 - (B \operatorname{tg}\alpha - 2 E\,\omega_m)\,\omega^2 + (D + E\,\omega_m^2 - 2 B \operatorname{tg}\alpha\,\omega_m)\,\omega - (A \operatorname{tg}\alpha + B \operatorname{tg}\alpha\,\omega_m^2) = 0.$$

Hierin ist

$$A = R_1 R_2^2$$
$$B = R_1 L_2^2 + R_2 M^2$$
$$D = L_1 R_2^2$$
$$E = L_1 L_2^2 - L_2 M^2.$$

Es wird später an einem Zahlenbeispiel gezeigt werden, daß in dem Ausdrücken für R_2' und L_2' im Nenner R_2^2 gegen $(L_2\,\omega_2)^2$ vernachlässigt werden kann. Man kann dann im Zähler und Nenner ω_2^2 streichen und erhält für ω den einfachen Ausdruck

$$\omega = \frac{R\,L_2^2 + R_2 M^2}{L_1 L_2^2 - L_2 M^2} \operatorname{tg}\alpha.$$

Es soll jetzt noch untersucht werden, wie die Verhältnisse bei Belastung des Hauptmotors liegen. Abb. 4 zeigt für diesen Fall das Vektordiagramm des Sekundärkreises. Die

*4 Vgl. Rüdenberg, ETZ 1918, S. 486.

Strecke h ist ein Maß für die Belastung des Motors. Wie man sieht, ist $E_k \cos\alpha < I\,R$, also $c < \frac{R}{\cos\alpha}$. Nehmen wir an, die Hintermaschine sei für diesen Belastungsfall mit normaler Sättigung ausgelegt worden; der Parameter c habe den bestimmten Wert c'. Bezeichnen wir mit γ eine Zahl kleiner als 1, so ist $c' = \frac{\gamma R_1}{\cos\alpha}$. Für die störende Selbsterregung muß $c = \frac{R_1 + R_2'}{\cos\alpha}$ sein. Wir bezeichnen diesen Wert von c mit c''. Es ist nun

$$\frac{c'}{c''} = \frac{\gamma R_1}{R_1 + R_2}.$$

Da die Maschine normal gesättigt sein sollte, so ist dem Anwachsen von c bis auf c_{max} nur ein enger Spielraum belassen. Der Wert c'/c'' wird sich also nur wenig von 1 unterscheiden, und deshalb muß auch γ nahezu 1 oder > 1 sein. Dies bedeutet, daß eine störende Selbsterregung nur bei Leerlauf des Hauptmotors oder in dessen unmittelbarer Nähe möglich ist. Der Fall $\gamma > 1$ entspricht dem untersynchronen Generator — oder dem übersynchronen Motorbetrieb, bei welchem demnach ebenfalls Selbsterregung eintreten kann.

Beispiel.

Um ein zahlenmäßiges Bild über die hier beschriebenen Vorgänge zu gewinnen, soll ein Beispiel durchgerechnet werden. Wir legen einen 40poligen Hauptmotor von 1100 kW, 2000 V, 50 Hz zugrunde. Dieser soll durch einen Hauptschluß-Phasenschieber überkompensiert werden, so daß er im Leerlauf 380 kVA Blindleistung ans Netz abgibt. Die Hintermaschine ist für rd. 30 V, 625 A auszulegen. Es wurde ein Übersetzungsverhältnis $K = 1{,}5$ gewählt, wobei dahingestellt bleiben möge, ob diese Wahl günstig ist oder nicht; Nehlsen wählt $K > 1$ und Heyland $K < 1$.

Es sei ferner:

$$E_2 = 777\,\text{V},\quad R_1 = 0{,}0205\,\Omega,\quad R_2 = 0{,}09\,\Omega,$$
$$L_1 = 0{,}007\,\text{H},\quad L_2 = 0{,}035\,\text{H},\quad M = 0{,}01\,\text{H}.$$

Bei den geforderten 380 kVA Blindleistung ergibt sich ein Bürstenwinkel von 17° 20′. Damit wird $\alpha = 44°$ und $\operatorname{tg}\alpha = 0{,}965$. Für die betriebsmäßige Selbsterregung ergibt sich hieraus $\sigma = 0{,}0142$, d. h. $\omega = 4{,}5$ und $\omega_m = 310$. Mit diesem Wert von ω_m erhält man für die Frequenz der störenden Selbsterregung die kubische Gleichung:

$$\omega^3 + 613\,\omega^2 + 92\,000\,\omega - 620\,000 = 0.$$

Diese Gleichung hat nur eine reelle Wurzel, und zwar $\omega = 6{,}5$. Dieser Wert liegt nahe bei dem Wert für betriebsmäßige Selbsterregung, doch ist dies nur Zufall, denn er hängt stark von der Wahl der Werte für R_2 und L_2 ab. In diesen Werten sind Widerstand und Selbstinduktion des Netzes enthalten, die willkürlich gewählt wurden. Würde man für L_2 statt 0,035 z. B. 0,016 einsetzen, so erhielte man $\omega = 67$. Die Stärke der störenden Selbsterregung ist ebenfalls leicht anzugeben. Mit dem gefundenen Wert für ω erhält man $R = 0{,}0205 + 0{,}007\,03 = 0{,}027\,53$. Hieraus folgt $c = \frac{R}{\cos\alpha} = \frac{0{,}027\,53}{0{,}72} = 0{,}0382$. Geht man mit diesem Wert in die Charakteristik für $\beta = 17°\,20'$ (Abb. 2), so findet man $I = 370$ A.

Es war schon erwähnt worden, daß sich die Formel für die Frequenz der störenden Selbsterregung vereinfachen läßt. Im vorliegenden Beispiel ist $R_2^2 = 0{,}0081$ und $(\omega_2 L_2)^2 = 121$ (mit $L_2 = 0{,}035$) bzw. 36 (mit $L_2 = 0{,}016$). Der Wert von R_2^2 kann gegenüber dem Wert von $(\omega_2 L_2)^2$ vernachlässigt werden. Mit der vereinfachten Formel erhält man $\omega = 6{,}7$ bzw. 69.

Die an Induktionsmotoren, welche durch Hauptstrom-Phasenschieber erregt werden, im Leerlauf häufig beobachteten starken Stromstöße und Drehzahlschwankungen dürften durch obige Ausführungen ihre Erklärung finden; denn es wurde gezeigt, daß die Hintermaschine sich bei derselben Drehzahl des Hauptmotors gleichzeitig mit zwei verschiedenen Periodenzahlen erregen kann. Tritt dieser Fall ein, so überlagern sich die beiden Schwingungen und erzeugen Schwebungen, die starke Störungen des Betriebes verursachen.

Der Einfluß der Schwerkraft auf Fliehkraftregler mit elektrischer Kontaktgebung.

Von **Walter Dornig**, Berlin.

Übersicht. Im Anschluß an die Veröffentlichungen[1] über „Konstanthaltung der Drehzahl von Maschinen für Signalzwecke" wird der Einfluß der Schwerkraft in Abhängigkeit von der Umfangsgeschwindigkeit gezeigt.

Daß die Schwerkraft bei empfindlichen Fliehkraftreglern auf horizontaler Achse eine Rolle spielt, ist das erstemal in erschöpfender Weise von E. Giebe unter dem Titel „Ein empfindlicher Tourenregler für Elektromotoren" beschrieben worden[2]. Hier ist das an einem Stahldraht geführte Gewicht allerdings noch nicht vollständig reibungsfrei aufgehängt wie die heutigen einseitig eingespannten Federn; aber auf S. 215 wird die Erkenntnis gegeben: „. . . Bei der Konstruktion eines solchen Tourenreglers ist hauptsächlich folgendes zu beachten: Die Bewegung muß möglichst ohne Reibung erfolgen . . ." Nach der Beschreibung der Einwirkung der Fliehkraft auf die Gleichgewichtslage wird auf S. 209 gesagt: „. . . Auf das Gewicht wirkt aber noch eine andere periodische Kraft, die bei der Aufstellung der Gl. (1) zunächst vernachlässigt ist. Es ist die Schwerkraft. Da die Achse des Apparates horizontal angeordnet ist, so wirkt die Schwerkraft auf das Gewicht während einer halben Umdrehung im Sinne der Federkraft, während der folgenden halben Umdrehung im Sinne der Zentrifugalkraft. Statt Gl. (1) haben wir also zu schreiben

$$m\,w^2 r + m\,g \sin\varphi = c\,(r - a),$$

wenn φ der Winkel ist, den Schwerkraft und Zentrifugalkraft in einem bestimmten Augenblick miteinander bilden.... Die wechselnde Wirkung der Schwerkraft hat nur Schwingungen um die Gleichgewichtslage zur Folge, deren Frequenz gleich der Drehzahl des Motors ist."

Wie groß die Exzentrizität durch die Einwirkung der Schwerkraft an dem Giebe-Regler ist, kann an Hand der genauen Angaben leicht nachgerechnet werden. Auf S. 214 steht, daß das Gewicht einschl. Spiralfeder 78,9 g beträgt, welches nach S. 212 bei der Reglerdrehzahl von rd. 15 in der Sekunde nach S. 215 einen Abstand $r = 4$ cm von der Achsmitte einnimmt und dabei eine Fliehkraft von 2780 g entwickelt. Die Nachrechnung ergibt die Richtigkeit; denn

$$Z = \frac{G}{g}\,\omega^2 r = \frac{78{,}9}{9{,}81}\cdot(6{,}28\cdot 15)^2\cdot 0{,}04 \approx 2780\ \text{g}.$$

Die entwickelte Fliehkraft dehnt hier die Feder um den Weg von 40 mm. Da nun die Federdehnung proportional der Fliehkraft bzw. der Belastung ist, und infolge der Schwerkraft die Gesamtbelastung der Feder oberhalb der Achse gleich Fliehkraft — Eigengewicht = 2780 — 78,9 g und unterhalb der Achse gleich 2780 g + 78,9 g ist, so beträgt die Exzentrizität bei dem Giebe-Regler

$$40\cdot\frac{78{,}9}{2780} = 1{,}13\ \text{mm},$$

mit der das Fliehkraftgewicht um die Achse rotiert. Innerhalb jeder Umdrehung entfernt sich der bewegliche Kontakt von dem feststehenden um 1,13 mm, wenn er oberhalb der Achse steht, und er nähert sich dem festen Kontakt um denselben Betrag, wenn er sich unterhalb der Achse befindet.

Nachdem nunmehr die Einwirkung der Schwerkraft zahlenmäßig bekannt ist, ist es interessant nachzurechnen, was dagegen die Fliehkraft bei bestimmter Drehzahländerung ausmacht, z. B. wenn der Motor um 1 ‰ schneller oder langsamer läuft: Die Fliehkraft ändert sich bekanntlich quadratisch mit der Drehzahl, somit hier um die Differenz von

$$1^2 \text{ auf } 1{,}001^2 \approx 2\ ‰.$$

Die Fliehkraft von 2780 g bei normaler Drehzahl ändert sich also um

$$2780\cdot 0{,}002 = 5{,}56\ \text{g},$$

dementsprechend auch der Kontaktabstand nur um

$$40\cdot\frac{5{,}56}{2780} = 0{,}08\ \text{mm}.$$

Bei dem Giebe-Regler ist damit festgestellt, daß die Beeinflussung durch Schwerkraft um mehr als 14mal größer ist als durch eine Drehzahländerung von 1 ‰. Dieser Regler wirkt fast ausschließlich so, als wenn er nur der Schwerkraft unterliegt; eine Drehzahländerung von 1 ‰ bedeutet nur eine kleine Überlagerung zu der Schwerkraft-Exzentrizität. Innerhalb des Regelbereiches, der bei diesem Regler möglich ist, muß stets in jeder Umdrehung unten Kontakt gemacht und oben geöffnet werden. Durchschnittlich ist dieser Regler somit während der halben Zeit außer Be-

---
[1] W. Dornig, ETZ 1928, S. 1713; 1929, S. 1443.
[2] E. Giebe, Z. Instrumentenk. Bd. 29, S. 205 (1909).

trieb gesetzt. Läuft der Motor schneller, dann wird die an sich geringe Fliehkraftvergrößerung bewirken, daß sich die Kontaktdauer während jeder Umdrehung verlängert, bei weiter gesteigerter Drehzahl bis zum dauernden Kontaktschluß; dann ist der Regelbereich nach der einen Seite abgeschlossen. Bei langsamer laufendem Motor wird die Kontaktdauer immer geringer bis zur vollständigen Öffnung der Kontakte, womit der Regelbereich nach unten begrenzt ist.

Das alles hat Giebe schon 1909 richtig erkannt; S. 210 sagte er: „ . . . Im Mittel wird der Motor eine Winkelgeschwindigkeit annehmen, deren Größe von ω_1 und ω_2 und außerdem von dem Verhältnis τ/T, der Kontaktdauer τ zur ganzen Periode T der Schwingungen des Gewichts abhängt. . . . Damit der Mittelwert der Winkelgeschwindigkeit derselbe bleibt, muß sich also die Kontaktdauer τ ändern. . . .“ Ferner weist er noch deutlicher S. 214 auf die Grenzzustände seines Reglers hin mit den Worten: „. . . nahezu den vollen Erregerstrom: Kontaktdauer τ nahe gleich T und auf einen möglichst niedrigen Wert nahezu 0 : τ nahezu 0 gebracht. . . .“

Der Fliehkraftregler auf horizontaler Welle ist damit unanfechtbar in seiner einzig möglichen Wirkungsweise bekannt geworden. Spätere Ausführungsformen sind den angegebenen Weg der reibungsfreien Führung des Fliehkraftgewichtes weiter gegangen. Die älteste bisher bekannte einseitig eingespannte Fliehkraftfeder ist durch das britische Patent 19 870/1912 angegeben. Hier ist in der Zeichnung unter Bezugszahl 117/118 die Fingerfeder dargestellt und als solche beschrieben. Der Erfinder sagt von seinem Regler, daß er sehr genau arbeitet, und daß ein großer Unterschied zwischen einem gewöhnlichen Schritt für Schritt arbeitenden Regler ist und seinem Synchronisator, wie er ihn benennt.

Abb. 1. Drehzahlregler am Morkrum-Schreiber.

Ein gleicher Drehzahlregler mit einseitig eingespannter Fliehkraftfeder ist der des USA-Patentes Nr. 1 306 072, 1919, der u. a. viel Verwendung an dem Morkrum-Schnellschreiber gefunden hat. In Abb. 1 ist ein derartiger Apparat mit Regler wiedergegeben, wozu zu bemerken ist, daß letzterer konstruktiv genau der angegebenen Patentzeichnung entspricht. Dieser Morkrum-Regler läuft ebenfalls mit verhältnismäßig kleiner Umfangsgeschwindigkeit, wodurch genau wie bei dem Giebe-Regler die Schwerkrafteinwirkung ausschlaggebend wird gegenüber der Fliehkraftänderung bei zu- oder abnehmender Drehzahl. Das Oszillogramm Abb. 2 zeigt deutlich, daß Kontaktberührungen bei horizontaler Welle und mittlerer Drehzahl nur unterhalb der Achse stattfinden; die Vibrationen geben die Eigenschwingungszahl der Feder an. In Abb. 3 ist der gleiche Motor vertikal aufgestellt oszillographiert worden; hier ist natürlich von einer Schwerkrafteinwirkung nichts zu merken.

Es könnte scheinen, als wenn die von der Schwerkraft hervorgerufene große Exzentrizität bei beiden Reglern in Widerspruch mit den oben genannten ETZ-Veröffentlichungen steht[3]. Das ist aber nicht so; denn die Schwerkraft tritt nur wesentlich in Erscheinung, wenn das Eigengewicht der Fliehkraftfeder verhältnismäßig groß ist gegenüber der Fliehkraft oder, mit anderen Worten, bei geringer Umfangsgeschwindigkeit der Feder. In Abb. 4 ist ein neuzeitlicher Regler mit drei Fliehkraftfedern abgebildet[4], die etwa 3 mm stark sind. Im Ruhezustand ist der Abstand zwischen den Kontakten rd. 4 mm, die bei 3600 U/min entspr. etwa 15 m Umfangsgeschwindigkeit geschlossen werden. Die dabei entwickelte Fliehkraft am Ende der Feder, am Kontakt gemessen, beträgt rd. 15 kg, oder anders ausgedrückt: an das Ende der Feder, die als einseitig eingespannter Träger aufzufassen ist, müssen 15 kg gehängt werden, um die 4 mm bis zur Kontaktberührung durchzubiegen. Zum guten Vergleich dieses neuzeitlichen Reglers mit den genannten kleinen langsam laufenden Reglern sei wieder eine Drehzahländerung von 1 ‰ angenommen, d. s. selbstverständlich wieder $\approx$ 2 ‰ Differenz der Fliehkraft, entsprechend

$$15 \cdot 0{,}002 = 0{,}030 \text{ kg}.$$

Abb. 2. Morkrum-Regler horizontal. Abb. 3. Morkrum-Regler vertikal.

Abb. 4. Neuzeitlicher Drehzahlregler, angebaut (Schutzkappe fehlt).

Das Eigengewicht der Feder ergibt sich, rückwärts aus der entwickelten Fliehkraft am Trägerende errechnet, zu

$$G = Z\,g\,\frac{r}{v^2} = 15 \,.\, 9{,}81 \,.\, \frac{0{,}04}{15^2} = 0{,}026 \text{ kg}.$$

Die Durchbiegung der Feder infolge der Drehzahländerung von 1/‰ beträgt

$$4 \,.\, \frac{30}{15\,000} = 0{,}008 \text{ mm},$$

diejenige infolge der Schwerkraft nur

$$4 \,.\, \frac{26}{15\,000} = 0{,}0069 \text{ mm}.$$

Also bestimmt bereits bei der mittleren Umfangsgeschwindigkeit von 15 m bei einem neuzeitlichen Regler die Schwerkraft-Exzentrizität nicht mehr den Regelbereich. Je größer die Umfangsgeschwindigkeit angenommen wird, um so mehr verschwindet die Einwirkung der Schwerkraft, denn die Fliehkraft wächst quadratisch mit der Umfangsgeschwindigkeit; dabei muß die Fliehkraftfeder stärker gewählt werden, und dieser Träger mit höherem Widerstandsmoment wird eben von seinem Eigengewicht weniger durchgebogen. Eine einfache Nachrechnung, die hier unnötig ist, zeigt, daß bei 30 m Umfangsgeschwindigkeit eine Drehzahländerung um 1 ‰ mehr als achtmal größere Durchbiegungen ergibt als die durch Schwerkraft. Letztere stellt dabei nur eine völlig bedeutungslose Überlagerung dar, entgegengesetzt der Einwirkung bei langsam laufenden Reglern mit dementsprechend dünnen Federn.

[3] Vgl. Fußnoten 1 u. 2.

[4] Gebaut von der Conz. Elektricitäts-Gesellschaft m. b. H., Altona-Bahrenfeld.

Die oben erwähnten Oszillogramme in der ETZ 1929 waren an Reglern mit etwa 12 m Umfangsgeschwindigkeit aufgenommen, bei der die Schwerkraft schon wenig merkbar, sicher aber vollkommen nebensächlich in der Wirkung war, wie die gleichzeitig aufgenommenen Oszillogramme desselben Reglers bei vertikaler Welle zeigten. Viel wesentlicher in ihrer Auswirkung sind die unvermeidbaren kleinen Erschütterungen, die jeder auch recht gut ausbalancierte Motor besitzt, wodurch die Eigenschwingung der Fliehkraftfeder angestoßen wird und erhebliche, etwa fünfmal größere Schwingungsamplituden hervorgerufen werden[5], als der Durchbiegung infolge der Drehzahländerung rechnerisch entspricht. Die schnell laufenden Regler arbeiten deshalb während der ganzen Umdrehungszeit korrigierend; die langsam laufenden Regler mit ihren schwachen Federn werden dagegen von der Schwerkraft während eines Teiles der Umdrehung, im Durchschnitt der halben Zeit, ausgeschaltet und unwirksam gemacht.

Bezüglich der Eigenfrequenz einer eingespannten Fliehkraftfeder ist darauf hinzuweisen, daß sie immer wesentlich größer ist als die Drehzahl des Reglers, insofern eine praktisch brauchbare Ausführung überhaupt in Frage kommt. Denn zwischen der Eigenfrequenz F der Fliehkraftfeder, der Reglerdrehzahl f, dem Abstand r des äußeren Kontaktes vom Mittelpunkt der Achse und dem Abstand d der Kontakte voneinander bei stillstehendem Motor gilt die Beziehung[6]

$$\frac{F}{f} = \sqrt{\frac{r}{d}}\,.$$

D. h. erst wenn der Weg, den der bewegliche Kontakt beschreibt, so groß wäre, daß letzterer sich im Ruhezustand bis über die Achsmitte hinaus zurückbiegen würde, wäre die Eigenfrequenz der Fliehkraftfeder kleiner als die Drehzahl des Reglers. Da jedes normale Konstruktionsgefühl einer derartigen Ausführung widerspricht bzw. diese nur mit künstlicher Zusatzkonstruktion möglich ist, so mußte sich bei allen Reglern mit eingespannten Federn die der obigen Formel entsprechende höhere Eigenfrequenz eben ganz von selbst ergeben. Bei neuen Reglern nach Abb. 4 beträgt der Kontaktabstand im Ruhezustand 2 ... 5 mm, der Abstand des äußeren Kontaktes von der Achsmitte je nach der Motordrehzahl 40 ... 120 mm; die Eigenfrequenz ist somit je nach der Güte bzw. Umfangsgeschwindigkeit des Reglers etwa 3 ... 7mal größer als die Drehzahl.

Wie in der ETZ 1931, S. 136, bestätigt wird, halten die neuzeitlichen Regler schon bei mittlerer Umfangsgeschwindigkeit eine Konstanz von 1 ‰ mit Sicherheit. Als Norm hat die Praxis ergeben, daß ein Fliehkraftregler an einem Motor gewöhnlicher Betriebsverhältnisse nur diejenige maximale Drehzahlschwankung zuläßt, bei der eine Fliehkraftdifferenz von etwa 30 g entsteht. Je größer die Fliehkraft, um so größer auch die Drehzahlgenauigkeit. Das bedeutet praktisch die Anwendung starker Federn und dementsprechend großer Umfangsgeschwindigkeit. Ein langsam laufender Motor muß daher bei gleicher Güte der Drehzahlkonstanz einen Regler größeren Durchmessers erhalten als ein schnell laufender Motor, wenn man kein Übersetzungsgetriebe benutzen will. Bei sehr kleinen Motoren ohne wesentlichen Lastunterschied genügt natürlich ein kleinerer einfacherer Regler, da die gestellten Anforderungen meist viel geringer sind.

[5] Nach einer Untersuchung von H. Salinger, Heinrich-Hertz-Institut für Schwingungsforschung, Berlin.
[6] Zuerst von W. Burstyn aufgestellt.

Über die Bemessung verzerrungsfreier Großleistungs-Endstufen.

Von **Albrecht Forstmann**, Berlin.

(Schluß von S. 961.)

III. Die Bemessung des Ausgangskreises.

1. Allgemeines.

Es gibt drei prinzipielle Möglichkeiten des Anschlusses eines Indikators an die Endstufe, u. zw. einmal die direkte Ankopplung, zweitens die Ankopplung über eine aus Drossel und Kondensator bestehende Anordnung und schließlich die Ankopplung über einen Transformator. Die erstgenannte Ankopplungsart kommt praktisch für größere Leistungen nicht in Frage, aber auch die Drossel-Kondensator-Anordnung kann nur dann benutzt werden, wenn der wirksame Indikatorwiderstand zufällig gleich dem sich aus den voraufgegangenen Berechnungen ergebenden R_a-Wert ist. Als universelles Verbindungsglied zwischen Ausgangstufe und Indikator bleibt daher nur der Ausgangstransformator, der bei großer Leistungsabgabe auch praktisch allein Verwendung findet. In den folgenden Ausführungen soll daher auch nur diese Ankopplungsart untersucht werden[20].

Für den Leistungstransformator läßt sich das vereinfachte Ersatzschema der Abb. 8 angeben, wobei R_1 den primären Drahtwiderstand, L die resultierende primäre Induktion, die hier mit der Induktion der Primärseite identifiziert sei, r den den Eisenverlusten äquivalenten Wirkwiderstand, σL_2 die sekundäre Streuinduktivität, R_2 den sekundären Drahtwiderstand und R_A den Abschlußwiderstand darstellen; letzterer sei der allgemeineren Betrachtung wegen als frequenzunabhängig und phasenrein angenommen.

Aus Abb. 8 folgt die an den Arbeitswiderstand abgegebene Leistung zu

$$N = \frac{|\mathfrak{U}_g|^2}{2\,\alpha^2}\,u^2\,\frac{R_A}{\left[(R_2+R_A)\left(1+\frac{R_1+R_i}{r}\right)+(R_1+R_i)\,u^2\right]^2+\left[\omega\,\sigma\,L_2\left(1+\frac{R_1+R_i}{r}\right)-\frac{(R_i+R_1)(R_2+R_A)}{\omega\,L}\right]^2} \qquad (61)$$

bzw. bei Vernachlässigung der Drahtwiderstände zu

$$N = \frac{|\mathfrak{U}_g|^2}{2\,\alpha^2}\,u^2 \times \frac{R_A}{\left[R_A\left(1+\frac{R_i}{r}\right)+u^2 R_i\right]^2+\left[\omega\,\sigma\,L_2\left(1+\frac{R_i}{r}\right)-\frac{R_i\,R_A}{\omega\,L}\right]^2}. \qquad (62)$$

Die maximale Leistung ergibt sich hier für die Frequenz

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{R_i\,R_A}{\sigma\,L_2\,L\left(1+\frac{R_i}{r}\right)}}\,, \qquad (63)$$

die als Quasiresonanzfrequenz bezeichnet werden kann. Für genügend kleine Eisenverlustwinkel ist die Leistung für diese Frequenz dann

$$N_0 = \frac{|\mathfrak{U}_g|^2}{2\,\alpha^2}\,u^2\,\frac{R_A}{(R_A+u^2 R_i)^2}\,. \qquad (64)$$

Für die von dieser Frequenz abweichenden Frequenzen nimmt die Leistung ab.

Abb. 8.

Abb. 9.

2. Die Vermeidung linearer Verzerrungen.

a) Allgemeines. — Infolge der nach den Grenzfrequenzen zu abnehmenden Leistungsübertragung werden sich dort leicht lineare Verzerrungen ergeben, die durch das Verhältnis der Leistung bei den Grenzfrequenzen zur optimal übertragenen Leistung bestimmt sind. Die sich ergebende lineare Verzerrung ist also gegeben zu

$$v_l = 1 - \frac{N_{h,t}}{N_0}\,, \qquad (65)$$

wobei $N_{h,t}$ die Leistung für die obere bzw. untere Grenzfrequenz bedeutet.

Der Leistungsabfall bei den Grenzfrequenzen wird durch das zweite Glied im Nenner der Formel (62) bestimmt, wobei für hohe Frequenzen das erste, für die tiefen Frequenzen das zweite Glied dieses Ausdrucks maßgebend ist. Wie Gl. (62) erkennen läßt, werden die Verzerrungen um so geringer sein, je kleiner σL_2 und je größer L, also je kleiner bei gegebenem Windungsverhältnis u der Streukoeffizient σ ist[21]. Die Verzerrungen und die für

[20] Vgl. hierzu a. W. L. Casper, El. Commun. Bd. 2, S. 290 (1924). Forstmann u. Reppisch, wie Fußnote 2; Tellegen, Rukop, wie Fußnote 2; R. Feldtkeller u. H. Bartels, El. Nachr. Techn. Bd. 5, S. 247 (1928).

[21] L. Casper, wie Fußnote 20.

vorgegebene Grenzverzerrungen zu beachtenden Bedingungen sollen in Analogie zu früheren Betrachtungen[22] für die hohen und tiefen Frequenzen getrennt untersucht werden.

b) Die hohen Frequenzen. — Für die hohen Frequenzen läßt sich das vereinfachte Ersatzschema der Abb. 9 angeben, aus diesem läßt sich die abgegebene Leistung ableiten zu

$$N_h = \frac{|\mathfrak{U}_g|^2}{2\,\alpha^2}\,u^2\,\frac{R_A}{(R_A + R_i\,u^2)^2 + (\omega_h\,\sigma\,L_2)^2}\,. \tag{66}$$

Unter Berücksichtigung von Formel (65) ergibt sich dann für die lineare Verzerrung die Beziehung

$$v_l = \frac{(\omega_h\,\sigma\,L_2)^2}{(R_a + u^2\,R_i)^2 + (\omega_h\,\sigma\,L_2)^2}\,. \tag{67}$$

Hieraus folgt unter Berücksichtigung der Beziehungen

$$R_a = \frac{R_A}{u^2} \quad \text{und} \quad \sigma\,L_1 = \frac{\sigma\,L_2}{u^2} \tag{68}$$

die Beziehung

$$(\sigma\,L_1)_{\max} = \frac{(R_a + R_i)}{\omega_h}\,\sqrt{\frac{v_l}{1 - v_l}}\,. \tag{69}$$

Die erforderliche primäre Induktion ergibt sich hierbei aus den für die tiefen Frequenzen zu beachtenden Bedingungen.

c) Die tiefen Frequenzen. — Die bei den tiefen Frequenzen an den Abschlußwiderstand abgegebene Leistung folgt aus dem vereinfachten Ersatzschema Abb. 10 zu

$$N_t = \frac{|\mathfrak{U}_g|^2}{2\,\alpha^2}\,u^2\,\frac{R_A}{\left[R_A\left(1 + \frac{R_i}{r}\right) + u^2\,R_i\right]^2 + \left(\frac{R_i\,R_A}{\omega_t\,L}\right)^2} \tag{70}$$

und für kleine Eisenverlustwinkel zu

$$N_t = \frac{|\mathfrak{U}_g|^2}{2\,\alpha^2}\,u^2\,\frac{R_A}{(R_A + u^2\,R_i)^2 + \left(\frac{R_i\,R_A}{\omega_t\,L}\right)^2}\,. \tag{71}$$

Unter Berücksichtigung von Formel (65) ergibt sich dann für die Verzerrung

$$v_l = \frac{R_i^2\,R_A^2}{\omega_t^2\,L^2\,(R_a + u^2\,R_i)^2 + R_i^2\,R_A^2}\,. \tag{72}$$

Hieraus würde sich für die primäre Induktion die Beziehung

$$L_{1\min} = \frac{1}{\omega_t\left(\frac{1}{R_i} + \frac{1}{R_a}\right)}\,\sqrt{\frac{1}{v_l} - 1} \tag{73}$$

ergeben. Dieser Ausdruck kann nun aber nicht ohne weiteres für die Berechnung der minimalen primären Induktion benutzt werden, da er auf die einer Röhre im Rahmen der maximal zulässigen Anodenspannung entnehmbare Leistung keine Rücksicht nimmt. Durch die Bedingungen für maximale Leistung ist R_a entsprechend den voraufgegangenen Ausführungen durch Strom und Spannung festgelegt, die primäre Induktion muß daher als Funktion von R_a ausgedrückt werden, da sonst zwar die gewünschte Frequenzunabhängigkeit gewahrt bleiben, bei $R_a \gg R_i$ aber eine starke Reduktion der abgebbaren Leistung wegen der hier sich ergebenden kleinen Induktionen und der dadurch bedingten steilen Arbeitskennlinien verursacht würde. Bei den hohen Frequenzen mit ihren kleinen Amplituden können diese Gesichtspunkte außer acht bleiben.

Abb. 10.

Die Formel (73) kann daher nur bei $R_a \ll R_i$, also bei Unteranpassung, wie sie bei Schutznetzröhren anzuwenden ist, benutzt werden und ergibt hier bei Vernachlässigung von $\frac{1}{R_i}$ gegen $\frac{1}{R_a}$ die Beziehung

$$L_{1\min} = \frac{R_a}{\omega_t}\,\sqrt{\frac{1}{v_l} - 1}\,. \tag{74}$$

Allgemein ist zu verlangen, daß der nach den Gesichtspunkten möglichst großer abgebbarer Leistungen in seiner Größe gegebene Widerstand R_a durch Parallelwiderstände nicht unzulässig reduziert wird, da dies, wie gesagt, eine Reduktion der abgebbaren Leistung bedeuten würde. Würde man eine Verkleinerung von R_a um b % seines Wertes zulassen, so wäre

$$\frac{\omega_t\,L}{\sqrt{R_a^2 + \omega_t^2\,L^2}} = 1 - b\,,$$

woraus sich die primäre Induktion ergeben würde zu

$$L_{1\min} = \frac{R_a}{\omega_t}\,\frac{1 - b}{\sqrt{b\,(2 - b)}}\,. \tag{75}$$

Man erhält aber etwa gleiche und unter Berücksichtigung der vorgenommenen Vernachlässigungen bessere Werte, wenn man die Formel (74) allgemein anwendet und $b = v_l$ setzt.

Aus Formel (69) und (73) ergibt sich die Breite des übertragenen Frequenzbandes zu

$$\frac{\omega_h}{\omega_t} = \frac{1}{\sigma}\,\frac{(R_a + R_i)^2}{R_a\,R_i}\,\frac{v_l}{1 - v_l}\,; \tag{76}$$

die Breite des übertragenen Frequenzbandes wächst also, je mehr $R_a \neq R_i$ ist. Das Problem möglichst verzerrungsfreier und weiterhin auch großer Leistung ist also gekennzeichnet durch die Nichtanpassung.

Aus Formel (69) und (74) ergibt sich dann der maximal zulässige Streukoeffizient zu

$$\sigma_{\max} = \frac{\omega_t}{\omega_h}\,\frac{R_a + R_i}{R_a}\,\frac{v_l}{1 - v_l}\,. \tag{77}$$

Das Windungsverhältnis ist aus R_a und R_A bestimmt zu

$$u = \sqrt{\frac{R_a}{R_A}}\,. \tag{78}$$

Man erhält hier bei Anwendung von Schutznetzröhren und der hierbei zu beachtenden Unteranpassung im allgemeinen bei gleichen Leistungen günstigere Verhältnisse als bei Eingitterröhren und der dort erforderlichen Überanpassung, da man dort mit kleineren primären Induktionen und größeren Streukoeffizienten auskommt. Bei Eingitterröhren erhält man allerdings bei Errechnung von L_1 nach Formel (74) erheblich geringere lineare Verzerrungen bei der unteren Grenzfrequenz als bei Berechnung nach Formel (73).

3. Die Vermeidung nichtlinearer Verzerrungen[23].

In Analogie zu dem durch Formel (12) bestimmten nichtlinearen Verzerrungsgrad v_n ließe sich zur Vermeidung nichtlinearer Verzerrungen an der oberen Krümmung der Magnetisierungskurve durch zu starke Vormagnetisierung hier in ähnlicher Weise die Bedingung

$$v_n = -\frac{\Delta\,\mathfrak{H}}{2}\cdot\frac{1}{4}\cdot\frac{1}{\mu}\,\frac{d\mu}{d\mathfrak{H}} = -\frac{\Delta\,\mathfrak{H}}{2}\,\frac{p}{4} \tag{79}$$

aufstellen, woraus sich dann die maximale Feldstärkenänderung $\Delta\,\mathfrak{H}$ ergeben würde zu

$$\Delta\,\mathfrak{H} = -\frac{8\,v_n}{p}\,; \tag{80}$$

hierbei ist μ die Permeabilität. Der günstigste Arbeitspunkt auf der Magnetisierungskurve und dementsprechend der zugehörige Aussteuerbereich läßt sich aber einfacher graphisch entsprechend dem früher angegebenen Verfahren[24] ermitteln; hierbei ist $\mu_A = \Delta\,\mathfrak{H}/\Delta\,\mathfrak{B}$ die aus der Form der Hysteresisschleife folgende Schleifenpermeabilität, die auch als Arbeitspermeabilität bezeichnet werden kann. Die Permeabilitäten gelten unter Berücksichtigung der evtl. erforderlichen Größe des Luftspaltes im Eisenweg.

Aus der graphisch ermittelten Größe der Ruhefeldstärke

$$|\mathfrak{H}_0| = \frac{0{,}4\,\pi\,I_{a_0}\,W_1}{l} \tag{81}$$

ergibt sich bei vorgegebener Länge des Eisenwegs und vorgegebenem Anodenruhestrom I_{a_0} die Windungszahl der Primärseite zu

$$W_1 = \frac{|\mathfrak{H}_0|\,l}{0{,}4\,\pi\,I_{a_0}}\,. \tag{82}$$

Aus der Arbeitspermeabilität und der weiter oben angegebenen Größe der erforderlichen Selbstinduktion ergibt sich dann unter Berücksichtigung der Beziehung

$$L_1 = \frac{0{,}4\,\pi\,\mu_A\,Q\,W_1^2}{l}\,.\,10^{-8} \tag{83}$$

die Größe des Eisenquerschnittes zu

$$Q = \frac{L_1\,l\,.\,10^8}{0{,}1\,\pi\,\mu_A\,W_1^2}\,. \tag{84}$$

[22] A. Forstmann, Z. Hochfrequenztechnik Bd. 28, S. 156 (1926).

[23] Vgl. a. A. Forstmann, ETZ 1931, S. 660.

[24] ETZ 1931, S. 661, Abb. 12.

Zwar wäre es hier entsprechend Formel (83) günstiger, Eisen mit sehr geringen Verlusten zu wählen, jedoch würden hierdurch die maximal zulässigen Feldstärkenänderungen und damit die anwendbaren Ströme, die sich aus Formel (81) berechnen zu

$$|\mathfrak{J}_a|_{max} = \frac{\Delta \mathfrak{H}\, l}{2 \cdot 0{,}4\, \pi\, W_1}, \qquad (85)$$

in ihrer Größe u. U. zu sehr beschränkt. Man wird daher hier Kompromisse schließen müssen. Um die erforderlichen minimalen Selbstinduktionen für Endstufen großer Leistung ohne erhebliche Schwierigkeiten erreichen zu können, wird es vorteilhaft sein, die Gegentaktschaltung anzuwenden, die für Großleistungs-Endstufen eigentlich nur angewandt werden sollte.

Potentiometer zur Messung der Wasserstoffionen-Konzentration.

Von Dipl.-Ing. E. **Bluhm**, Berlin.

Übersicht. Es wird eine Definition des sog. p_H-Wertes gegeben und gezeigt, wie durch Bestimmung des p_H-Wertes einer Lösung, d. h. ihrer Wasserstoffionen-Konzentration, auf ihre aktuelle Azidität bzw. Alkalität geschlossen werden kann. Dann wird eine elektr. Meßeinrichtung zur schnellen p_H-Bestimmung beschrieben.

Die Bestimmung der aktuellen Alkalität bzw. Azidität (p_H) gewinnt mit den Jahren immer mehr an Bedeutung. Der Wert, den eine solche Bestimmung hat, geht allein schon aus der Überlegung hervor, daß alle Vorgänge, die im feuchten oder flüssigen Medium verlaufen, eben von der jeweiligen Reaktion der Flüssigkeit abhängig sind, d. h. also von ihrem p_H-Wert. So ist z. B. die bekannte Erscheinung der Korrosion der Aluminium-Freileitungen z. T. dadurch bedingt, daß auch die Luft ständig Feuchtigkeit enthält, und auch diese Luftfeuchtungkeit ihren bestimmten, wenn auch oft wechselnden p_H-Wert besitzt.

Die Titrationsazidität gibt über den Säurewert einer Lösung bekanntlich keinen genügenden Aufschluß. So ist z. B. normale Salzsäure stärker säurewirksam als normale Essigsäure. Diese Säurewirksamkeit wird erfaßt durch die Konzentration der Wasserstoffionen. Die Dissoziation des Wassers erfolgt nach dem Massenwirkungsgesetz in folgender Weise: $[H'] \cdot [OH'] = k \cdot [H_2O]$. Da eine Dissoziation nur in sehr geringem Maße eintritt, kann man die Menge des nicht dissoziierten Wassers der des vorhandenen gleichsetzen. Die Wasserstoffionen-Konzentration „h" wird aus praktischen Gründen durch ihren negativen dekadischen Logarithmus ausgedrückt. Als Symbol dafür dient p_H. In einer neutralen Lösung betragen die Werte: $p_H = 14/2 = 7$, ebenso $p_{OH} = 7$. In einer sauren Lösung ist $p_H < 7$, in einer alkalischen Lösung dagegen $p_H > 7$. Die Bestimmung des p_H-Wertes allein genügt, da dadurch der p_{OH}-Wert mitbestimmt ist, denn es ist, wie sich ja auch aus den Angaben über neutrale Lösungen ohne weiteres ergibt, $p_H + p_{OH} = 14$. Durch die Messung des p_H-Wertes einer Lösung erhält man nicht nur Aufschluß darüber, ob die untersuchte Lösung sauer, alkalisch oder neutral ist, sondern auch über ihre mehr oder weniger starke Säurewirksamkeit.

In vielen Fällen, so z. B. in der Biologie und in der Medizin, wünscht man zu wissen, wie die „Pufferwirkung" einer Lösung ist. Unter Pufferwirkung versteht man die Erscheinung, daß man einer Lösung eine bestimmte Menge Lauge zusetzen kann, ohne daß sich dabei der p_H-Wert nennenswert ändert, oder schärfer ausgedrückt, den Differentialquotienten dL/dp_H, wobei L die Menge der zugesetzten Lauge bedeutet. Einer „gut gepufferten" Lösung z. B. kann man eine erhebliche Menge Lauge zusetzen, ohne daß eine nennenswerte Änderung des p_H-Wertes eintritt.

Die Bestimmung von p_H erfolgt durch kolorimetrische Methoden oder durch elektrische Messung. Wie in so vielen Fällen wird auch hier die schnell und einfach auszuführende elektrische p_H-Wert-Bestimmung der oft sehr umständlichen und zeitraubenden kolorimetrischen Methode vorgezogen. — Eine für Wasserstoffionen reversible Elektrode erzeugt nach den Nernstschen Beziehungen Einzelpotentiale

$$e = \frac{R\,T}{F} \ln \frac{H}{h}.$$

Die Integrationskonstante H ist ein Maß für die Lösungstension des Wasserstoffes. Sie wird physikalisch als diejenige Wasserstoffionen-Konzentration gedeutet, für die das Einzelpotential Null wird. Die Beziehungen zwischen Potential und p_H-Wert lassen sich durch folgende Gleichungen darstellen:

$$E = E_1 - 0{,}058 \lg c$$
$$E = E_1 + p_H \cdot 0{,}058$$
$$\overline{\qquad\qquad\qquad}$$
$$p_H = -\lg c.$$

Die Potentialdifferenz für die p_H-Werteinheit beträgt einige wenige Millivolt.

Für Wasserstoffionen reversible Elektroden sind z. B. die „normal Wasserstoffelektrode" und die Chinhydron-Elektrode. Die „normal Wasserstoffelektrode" ist ein Platinblech, mit Platinmohr überzogen, das mit reinem Wasserstoff gesättigt ist. Die Chinhydron-Elektrode ist ein Platinblech, das in eine mit Chinhydron gesättigte Lösung eintaucht. Als Bezugselektrode dient in den meisten Fällen eine Calomel-Elektrode, für die auch die in Tabellenwerken angegebenen p_H-Werte gelten.

Abb. 1. Potentiometer zur p_H-Wert-Bestimmung

Aus dem vorstehend Gesagten geht deutlich hervor, daß die Bestimmung des p_H-Wertes jeder beliebigen Flüssigkeit stets wichtige Aufschlüsse über ihre Beschaffenheit gibt. Daraus erklärt sich auch die große Verbreitung, die die p_H-Wertbestimmung schon gefunden hat, zumal sie durch Potentialmessung sehr rasch ausgeführt werden kann. Nur einige Beispiele sollen die Möglichkeit, durch p_H-Messungen zum Ziele zu kommen, erläutern. In der Zuckerindustrie ist es von Wichtigkeit, die saure Reaktion des Saftes, die zur Zuckerzerstörung führt, zu erkennen. Durch fortlaufende Kontrolle der p_H-Werte ist dies eine Kleinigkeit. Ebenso wird in der Brauindustrie die p_H-Messung mit viel Erfolg angewandt. Daß die chemischen Laboratorien und Betriebe sich die Schnelligkeit und Einfachheit der elektrischen p_H-Messung zunutze machen, ist wohl so einleuchtend, daß es keiner weiteren Bemerkung bedarf. Aber auch in der Medizin findet die Methode mehr und mehr Eingang, z. B. bei Harn- oder Blutuntersuchungen oder bei der Untersuchung von Sekreten irgendwelcher Art, bei der Feststellung der Wirkung von Medikamenten auf den Organismus. Auch in der Pflanzenkunde und Landwirtschaft werden p_H-Messungen mit Vorteil verwandt, z. B. für Bodenuntersuchungen, etwa zur Feststellung geeigneten künstlichen Düngers. Ganz besonders aber muß ein Gebiet erwähnt werden, auf dem die p_H-Messungen von hervorragendem Nutzen gerade in der letzten Zeit waren: die Korrosionsforschung. Hierzu sei nur kurz gesagt, daß gerade die in den Brauereien an den Bottichen auftretenden Zerstörungen so erheblich sind, daß von der Brauindustrie große Aufwendungen zur Erforschung bzw. Beseitigung der Korrosion gemacht wurden, ohne jedoch bisher mehr zu erreichen, als daß durch kostspielige jahrelange Versuche empirisch einige Schutzmittel von noch zweifelhaftem Wert gefunden wurden. Das

große Interesse der Brauereien an der Verhinderung der Korrosion zeigt sich auch darin, daß diesbezügliche Fragen sehr gewissenhaft von einem hohen Prozentsatz der darüber befragten Betriebe beantwortet werden.

Diese weitgehende Anwendungsmöglichkeit der p_H-Messungen hat ganz natürlich dazu geführt, daß viele Neukonstruktionen von Potentiometern entstanden, die alle die bekannte Poggendorffsche Kompensationsschaltung benutzen. Das Grundlegende dieser Schaltung ist bekanntlich, daß die Spannung der Meßbatterie zuerst gegen die eines Normalelementes kompensiert wird; darauf wird dann an Stelle des Normalelementes die unbekannte EMK geschaltet und gegen die nunmehr genau festliegende EMK der Meßbatterie kompensiert.

Ein sehr sorgfältig durchdachtes und aufgebautes Potentiometer speziell für p_H-Messungen hat neuerdings die Firma Gans & Goldschmidt, Berlin N 39, herausgebracht (Abb. 1). Als Meßbatterie dient ein gewöhnliches Trockenelement von etwa 1,5 V, das in dem Kasten auswechselbar untergebracht ist, als Normalelement ein ebenfalls fest eingebautes Kadmium-Normalelement. Zum Schutze des Normalelementes ist vor dieses noch ein ausschaltbarer Widerstand von 50 000 Ω geschaltet. Der Meßdraht selbst ist nach folgender Überlegung gebaut. Legt man an einen Meßdraht von 1 m Länge die Spannung von 1 V, so würde jedem Millimeter Länge des Meßdrahtes 1 mV entsprechen. Da jedoch der Widerstand eines einfachen Meßdrahtes sehr gering ist, ist man beim Bau anders vorgegangen. Um den Umfang einer Scheibe hat man einen Meßdraht gelegt, der an einer Skala Teilspannungen von 1 ... 100 mV abzugreifen gestattet, während vor diesen Meßdraht ein Kurbelwiderstand gelegt ist, der stufenweise die Zentivolt abgreifen läßt, so daß der gesamte Meßdraht in 1100 mV eingeteilt ist und ein Abgreifen von 1 mV gestattet. Um dieses zu ermöglichen, muß also die Meßbatterie, die am Meßdraht liegt, 1,1 V Spannung haben. Das wird dadurch erreicht, daß vor den Meßdraht ein Vorschaltwiderstand gelegt wird, der die Batteriespannung auf 1100 mV an den Enden des Meßdrahtes herabsetzt. Das eingebaute Kadmium-Normalelement hat eine Spannung von 1018 mV. Legt man dieses also so an den Meßdraht, daß daran 1018 Teilstriche abgegriffen sind, und regelt man den Vorschaltwiderstand so lange, bis ein zwischengeschaltetes empfindliches Galvanometer keinen Ausschlag mehr zeigt, so liegt an den Enden des ganzen Meßdrahtes von 1100 Teilstrichen genau 1,1 V, und jeder Teilstrich des Meßdrahtes entspricht 1 mV. Ersetzt man nun das Normalelement durch die unbekannte EMK und bringt das Galvanometer wieder um auf Null dadurch, daß man am Meßdraht die entsprechende Anzahl Teilstriche abgreift, so sind diese Angaben direkt als Millivolt zu lesen.

Da die p_H-Messungen nicht nur im Laboratorium, sondern besonders, wie oben gesagt, im Betriebe vorgenommen werden, da sie sehr rasch auszuführen sind und eine fortlaufende Kontrolle erlauben, mußte das Gerät auch handlich sein; die Maße des Kastens betragen nur 24 · 16 · 14 cm. Das eingebaute Galvanometer besitzt Bändchenaufhängung und schwingt nach Lösen der Arretierung sofort frei; eine Horizontierung nach der Libelle ist nicht erforderlich. Das ganze Gerät ist also leicht transportabel und an jedem Ort sofort meßbereit.

Veringerung von Transformatorengeräuschen[1].

Elektromagnetische Schwingungen von Transformatoren verursachen mechanische Schwingungen, die die doppelte Frequenz besitzen wie die Periodenzahl des Transformators. Sie entstehen in den Spulen und übertragen sich durch das Öl auf die Wandung und die umgebende Luft. Messungen ergaben[2], daß die Intensität der Schwingungen direkt proportional der Spannung und quadratisch mit der Belastung wächst.

Die Prüfung der Schallstärke zweier Transformatoren in etwa 6 m Entfernung ergab im Maximum 2,06 dyn/cm², im Minimum 0,48 dyn/cm², im Durchschnitt 1,112 dyn/cm². Die Unterschiede in der Schallstärke ergeben sich als Folge der Schallreflexion von umgebenden Gebäuden und als Einfluß des Windes.

Um das brummende Geräusch von Transformatoren herabzusetzen, das besonders in der Nähe von Krankenhäusern und bewohnten Gegenden stört, wird vorgeschlagen:

1. Verwendung von mehr Eisen im Kern, um eine geringere magnetische Dichte zu erzielen; dies bedeutet höheren Kupferverbrauch, also höhere Kosten;
2. Versteifung der Bandagen und Stützen zur Verringerung der Vibration, Verwendung von dämpfenden Materialien zur Veränderung der Eigenschwingungszahl;
3. Verwendung von elastischen Zwischenlagen zwischen den Transformatorteilen;
4. falls genügend Fläche vorhanden ist, Verwendung von Korkunterlagen; Bäume, Hecken, Gebüsch und dgl. absorbieren das Geräusch. *Gb.*

[1] Vgl. ETZ 1930, S. 581.
[2] R. B. George, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 50, S. 194.

Mitteilungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

Bekanntmachung über Prüfungen und Beglaubigungen durch die Elektrischen Prüfämter[1].

Nr. 301.

Auf Grund des § 10 des Gesetzes vom 1. VI. 1898, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, wird dem System 130 folgende Elektrizitätszählerform als Zusatz eingereiht.

Zusatz zu System 130, die Form D 11, Induktionszähler für mehrphasigen Wechselstrom, hergestellt von der **Siemens-Schuckertwerke Aktiengesellschaft** in Nürnberg.

Berlin-Charlottenburg, den 18. V. 1931.

Der Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.
Paschen.

Beschreibung.

Zusatz zu System 130,

die Form D 11, Induktionszähler für mehrphasigen Wechselstrom, hergestellt von der Siemens-Schuckertwerke Aktiengesellschaft in Nürnberg.

Die Zähler der Form D 11 sind eine abgeänderte Ausführungsform der durch die Bekanntmachung Nr. 211 vom 15. I. 1926 (ETZ 1926, S. 394) zur Beglaubigung zugelassenen Induktionszähler für mehrphasigen Wechselstrom der Form D 9 des Systems 130. Sie können für die gleichen Meßbereiche wie die Zähler der Form D 9 beglaubigt werden, d. h. für Nennstromstärken von 3 ... 30 A, Nennspannungen bis 410 V und Nennfrequenzen von 40 ... 60 Hz. Sie unterscheiden sich von den Zählern der Form D 9 im wesentlichen in folgenden Punkten:

1. Die Spannungseisen sind verbreitert.
2. Der Durchmesser der Ankerscheiben ist erhöht.
3. Die Windungszahlen in den Spannungskreisen sind etwas herabgesetzt.
4. Die Stromwicklungen sind verstärkt und die Amperewindungszahlen bei den Zählern für Nennstromstärken bis 10 A verringert.
5. An den Polflächen der Spannungseisen sind kleine Bleche aus einem Material angebracht, dessen magnetische Durchlässigkeit von der Temperatur abhängig ist. Hierdurch wird der Einfluß von Temperaturänderungen auf die Zählerangaben wesentlich herabgesetzt.
6. Die Drehzahl der Zähler ist erniedrigt.

Die untersuchten Zähler der Frequenz 50 Hz hatten ein Drehmoment von etwa 6,4 cmg. Sie liefen bei induktionsloser Belastung mit etwa 0,3 ... 0,4 % des Nennstromes an. Die Drehzahl der Zähler beträgt 25 ... 32 U/min bei Nennlast. Das Ankergewicht wurde bei einem Zähler zu 55 g ermittelt. Der Eigenverbrauch der Spannungskreise betrug bei 110 V Nennspannung etwa 2 × 0,64 W und bei 380 V Nennspannung etwa 2 × 0,66 W. Der Eigenverbrauch in den Stromkreisen belief sich bei 5 A Nennstromstärke auf etwa 2 × 0,12 W und bei 30 A Nennstromstärke auf etwa 2 × 1,63 W.

[1] Reichsministerialblatt 1931, S. 353.

RUNDSCHAU.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

Das Flutkraftwerk Aber Wrach. — Es besteht bekanntlich heutzutage noch keine Möglichkeit, die Meeresgezeitenkräfte am offenen, geraden Strande wirtschaftlich nutzbar zu machen. Nur an besonderen, von der Natur begünstigten Stellen, wo durch verhältnismäßig kleine und billige Dämme große Wassermengen dem Meere entnommen werden können, ist eine Ausnutzung der Flutkräfte möglich. Die sehr zerteilten, felsigen und steilen Ufer der Bretagne bieten in dieser Hinsicht dem Ausbau von Flutwerken außerordentliche Vorteile, und es werden auch einige solcher Kraftwerke in verschiedenen Einbuchtungen und Flußmündungen der bretagnischen Küste geplant. Ihre Lage ist in der Abb. 1 eingetragen. Die wichtigsten von ihnen sind:

Abb. 1. Lage der geplanten Flutwerke in der Bretagne.

La Rance bei St. Malo	$635 \cdot 10^6$ kWh	jährlich
Morlaix	60 000 kW	max. Leistung
Fresnay	150 000 kW	„
Saint Michel	950 000 kW	„
Rotheneuf[1]	10 000 kW	„
Granville	18 000 kW	„

Im Bau befindet sich gegenwärtig als erstes Flutkraftwerk Frankreichs das Kraftwerk Aber Wrach, welches etwa 20 km nördlich von Brest, in der Einmündung des Flusses Diouris liegt (Abb. 2).

Abb. 2. Lageplan des Flutkraftwerks Aber Wrach.

Das erste Projekt, das nach der 1922 erteilten Konzession von der Soc. Financière pour l'Industrie ausgearbeitet wurde[2], setzte ein kleines zum Ausgleich der schwankenden ausnutzbaren Meeresenergie bestimmtes Süßwasserkraftwerk auf dem Flusse Diouris sowie eine 45 kV-Leitung von Aber Wrach nach Brest voraus. Da aber in den letzten Jahren die allgemeine Elektrisierung des Landes auch in der Bretagne einige Fortschritte gemacht hatte, und da man unlängst ein Wasserkraftwerk auf dem bretagnischen Flusse Blavet bei Guerlédan (10 000 kW, 42 m Gefälle, $50 \cdot 10^6$ m³ Stauinhalt) in Betrieb gesetzt hat, wurde in dem endgültigen (dritten) Projekt auf die Errichtung eines besonderen Ausgleichswerkes verzichtet, und das Flutkraftwerk wird sich dem bestehenden Verteilungsnetz direkt anschließen. Dagegen wird das Flutkraftwerk mit einer pneumatischen Speicherung versehen, was wohl als sein charakteristischeres Merkmal gelten kann.

Abb. 3. Flutkoeffizient (F) und Ausnutzungskoeffizient (A) des Flutwerkes Aber Wrach.

Die stärkste (aequinoktiale) Fluthöhe erreicht 8 bis 9 m in der Umgebung von Brest, 15 m in der Bucht von Saint Michel, 7 m in Cherbourg. Die Tagesperiode der atlantischen Flut ist etwa 12 h 15 min, was eine tägliche Verschiebung der charakteristischen Kurve der verfügbaren Energie verursacht. Außerdem ist aber — was die größte Schwierigkeit für alle Flutkraftwerke vorstellt — der Unterschied zwischen der äquinoktialen und der niedrigsten Fluthöhe äußerst groß: wenn die erstere für Aber Wrach 8,5 m erreicht, sinkt der Minimalunterschied zwischen Ebbe und Flut auf 2,3 m. Die infolge dieses Umstandes sich für Aber Wrach ergebenden charakteristischen Kurven sind in der Abb. 3 eingetragen: F ist der Flutkoeffizient, der die prozentuale Fluthöhe angibt, die während n Tagen im Jahre nicht erreicht wird; dieser Koeffizient ist auf die Fluthöhe, die während 333 Tagen erreicht wird, bezogen ($F = 100\,\%$, für $n = 333$). Der größte Flutkoeffizient, $F = 119\,\%$, wird nur an einem Tage im Jahre erreicht. Der Ausnutzungskoeffizient A drückt für die besonderen Verhältnisse des untersuchten Sammelbeckens, die auf die gesamte Jahresenergie bezogene jährliche Ausnutzung aus. Wollte man die gesamte jährliche Energie ausnutzen ($A = 100$), so müßten alle Einrichtungen des Kraftwerkes dem Flutkoeffizienten $F = 119$ proportional gewählt werden, die volle Ausnutzung dieser Einrichtungen würde dann aber nur an einem Tage im Jahre stattfinden. Die wirtschaftliche Lösung des Problems ergab für Aber Wrach den Ausnutzungskoeffizienten $A = 72{,}1$ bei $n = 179$; es werden also etwa 28 % der gesamten Jahresenergie verlorengehen, aber die volle Ausnutzung der Einrichtungen wird für 365 — 179 = 186 Tage im Jahre stattfinden.

Das Flutwerk wird als ein umkehrbares Kraftwerk erbaut, d. h. dieselben Turbinen werden beim Füllen und beim Entwässern des Bassins die Generatoren betreiben (Abb. 4). Die Stillstandzeit, während der das Meer auf dem Flut- und Ebbestand bleibt, beträgt ½ h für starke und 1 h für schwache Fluten. Um auch in diesen Stillstandsperioden eine gewisse Energie abgeben zu können und die schwankende Energie auch sonst nach Möglichkeit auszugleichen, sind verschiedene Lösungen möglich: man könnte z. B. zwei benachbarte Bassins ausrüsten und sie gemeinschaftlich betreiben[1]; es wurde auch ein Flutkraftwerk mit Dampfspeicherung mit Hilfe einer besonderen thermischen Bremse mit Wasserumlauf konstruiert[2]; außerdem wäre es möglich, beim Anschluß auf ein Gleichstromverteilungsnetz, die Turbinen mit schwankender Geschwindigkeit laufen zu lassen, was bei zwei Bassins eine fast vollständige Ausgleichung ergeben könnte[3]. Für

[1] ETZ, 1922, S. 1317.
[2] ETZ, 1923, S. 13.

[1] Vgl. Passamaquoddy-Flutwerk, ETZ, 1927, S. 831.
[2] Power, Bd. 72, S. 524 (1930).
[3] Schwob, Génie civil Bd. 90, S. 500 (1927).

Aber Wrach hat man sich für eine Preßluftreserve entschlossen; die Turbinen sind mit je zwei Luftkompressoren gekoppelt, welche gleichzeitig als Luftmotoren zum Betrieb der Generatoren verwendet werden.

Das Werk erhält 4 Sonderturbinen System Huguenin die von Escher Wyß & Co. geliefert werden; ihre maximale Gesamtleistung beträgt 7500 kW. Man wird solange wie möglich die Fallhöhe jeder Arbeitsperiode konstant halten, d. h. es wird mit schwankender Wassermenge gearbeitet. Trotzdem sind die Turbinen für den Betrieb zwischen 1 und 10 m Fallhöhe bei stufenweise geänderter Geschwindigkeit und unter einem fast gleichbleibenden Wirkungsgrad vorgesehen. Es sind natürlich zwei Führungsräder vorhanden, die jenen einer Francis-Turbine ähneln. Am Ende jeder Arbeitsperiode, wenn die Minimalfallhöhe in einem oder anderen Sinne erreicht wird, werden die Führungschaufeln der beiden Führungsräder durch eine selbsttätige Einrichtung horizontal gestellt, um einen freien, arbeitslosen Wasserdurchgang zu ermöglichen. Man wird sogar die Turbinen als Pumpen arbeiten lassen können, um diese Endperiode der Anfüllung oder der Entwässerung des Bassins zu beschleunigen.

Abb. 4. Schnitt durch das Kraftwerk Aber Wrach (Projekt).

Die Verbindung jeder Turbine mit dem Synchrongenerator erfolgt über ein Zahnradvorgelege mit veränderlichem Übertragungsverhältnis. Jede Turbine wird außerdem unmittelbar zwei Luftkompressoren mit veränderlicher Geschwindigkeit betreiben. Die Akkumulatorenbatterie für die Luftspeicherung wird beiderseits der Maschinenhalle angeordnet. Mehrere Hilfsmaschinen sowie die Regler der Führungsräder werden mit Preßluft betrieben.

Die jährliche Produktion wird etwa $14 \cdot 10^6$ kWh (gegen $8 \cdot 10^6$ kWh im ersten Projekt) betragen, woraus 60 % mit einer konstanten Leistung abgegeben werden. Die verbleibenden 40 % müssen also in dem allgemeinen Verteilungsnetz unter variabler Leistung Absatz finden.

Die Gesamtkosten des Flutwerkes Aber Wrach werden rd. 20 Mill Fr (3,3 Mill RM) betragen; die Regierung ist mit der Hälfte dieser Summe an der Soc. Internationale de la Houille Bleue, welche den Bau unternimmt, beteiligt.

Die Erfahrungen, die nach dem Inbetriebsetzen dieses Flutkraftwerkes gemacht werden, werden gewiß eine wertvolle Unterlage zu Errichtung von weiteren Meereskraftwerken bieten nicht nur in Frankreich, sondern überall wo ähnliche Verhältnisse vorliegen. *—ak.*

Beleuchtung.

Grundsätzliches über Rollfeldbeleuchtung. — Die Rollfeldbeleuchtung stellt einen sehr wichtigen Bestandteil der Nachtflugbefeuerungs- und -beleuchtungseinrichtungen dar. Sie hat den Zweck, das für die Landung in Frage kommende Gelände ausreichend zu beleuchten, so daß gleiche oder zum mindesten ähnliche Landeverhältnisse wie bei Tage vorhanden sind. Die Grundanforderungen sind: vollkommene Blendungsfreiheit, gleichmäßige und ausreichend hohe Beleuchtungstärken und Ausleuchtung einer genügend großen Fläche. Die Blendungsfreiheit ist vorwiegend eine Frage der zweckmäßigen Aufstellung, während die anderen Forderungen für den Energieaufwand bestimmend sind. Die maximale Leuchtdichte auf der Landebahn ist abhängig vom Lichteinfallswinkel. Die Leuchtdichteverteilung für trocknes grünes Gras in der Einfallsebene des Lichtstromes wird nach Ergebnissen von K u l e b a k i n mitgeteilt. Je flacher der Lichteinfallswinkel ist, um so höher ist die in kleinen vertikalen Winkeln wirksame Leuchtdichte. Die Landerichtung sollte tunlichst mit der Einfallsrichtung des Lichtstromes übereinstimmen. Die ausgeleuchtete Fläche muß so groß sein, daß der Flugzeugführer während des Einschwebens sich auf die Feldhelligkeit einstellen kann. Der Verfasser fordert für Häfen erster Ordnung in 900 m eine Vertikalbeleuchtungstärke von mindestens 1,8 Lux.

Die Scheinwerfer können zentralisiert oder verteilt aufgestellt werden. Spiegelgeräte mit Glühlampen für beide Systeme werden eingehend beschrieben. Im allgemeinen wird dem zentralisierten System der Vorzug gegeben, doch richtet sich die Wahl vor allem nach der Größe des Flughafens, der Geländebeschaffenheit und den vorherrschenden Wind- und Wetterbedingungen. (H. W a l t e r, Licht u. Lampe Bd. 20, S. 43.) *F. Bn.*

Heizung. Öfen.

Elektrischer Ofen zum Einbrennen von Farbe auf Glas. — Es wird ein Ofen zum Einbrennen der Farbe auf Glas beschrieben: Herd 300 · 600 mm; Höhe 275 mm (Höhe der Türöffnung); Anschluß 15 kW, 220 V; höchste Temperatur 650 ° C; Verluste bei der Höchsttemperatur 2,5 kW. Durch eingebaute Gestelle ist die nutzbare Grundfläche auf 7500 cm² erhöht, wovon 90 % durch Glas bedeckt sind. Um ein Springen beim Beschicken des heißen Ofens und bei Entnahme aus dem heißen Ofen zu vermeiden, ist je eine Vorwärm- und Abkühlzone vorgesehen. Diese werden durch je 5 Streifenelemente von je 5 · 0,5 kW auf 315 ° C vorgeheizt. Nach dem Auskühlen über Nacht hat der Ofen noch eine Temperatur von 425 ° C. Der Ofen bewältigt etwa 15 Chargen/Tag und etwa 9,3 dm² Glas/kWh. Der Gasverbrauch im früher verwendeten Gasofen betrug etwa 800 bis 1100 m³ Gas im Monat, der elektrische Ofen verbraucht etwa 1500 kWh im Monat. Die Qualität ist bedeutend verbessert, die Produktion etwa annähernd verdoppelt; dazu kommt, daß der Gasofen wegen Hitze und Belästigung durch Abgase nicht im Arbeitsraum Aufstellung finden konnte, wodurch zusätzliche Transportkosten entstanden. (R u g g, El. World Bd. 94, S. 377.) *Pk.*

Bahnen und Fahrzeuge.

Elektrisierung der Eisenbahnanlagen in Cleveland. — Im Rahmen eines die Umgestaltung der Eisenbahnanlagen Clevelands zu einem Zentralbahnhof behandelnden Aufsatzes von W. S. L a c h e r in der Zeitschrift Railway Age ist ein von A. G. O e h l e r bearbeiteter Abschnitt der Elektrisierung der Eisenbahnanlagen innerhalb des Stadtgebietes gewidmet. Der elektrisierte Streckenabschnitt umfaßt die rd. 27 km lange Strecke von dem westlich von Cleveland gelegenen Bahnhof Linndale der Big-four-Eisenbahn bis zu dem rd. 17 km östlich von Cleveland liegenden Bahnhof Collinwood der New-York-Central-Bahn.

Als Stromart ist Gleichstrom von 3000 V Spannung verwendet worden. 22 elektrische Lokomotiven, die ihren Strom aus einer Fahrleitung mit Kettenaufhängung entnehmen, besorgen den Schleppdienst der Personenzüge innerhalb des Stadtgebietes. Auch die Einrichtung eines Schnellverkehrs mit Triebwagen, ebenfalls mit 3000 V Gleichstrom, ist vorgesehen, die Anlage soll von besonderen Unterwerken aus gespeist werden.

Die für den Schleppdienst erforderliche elektrische Arbeit wird von zwei selbsttätigen Unterwerken geliefert, von denen eins westlich, das andere östlich von Cleveland gelegen ist (Abb. 5). Das westliche Unterwerk besitzt eine installierte Leistung von 9000 kW, das andere von 6000 kW. Die elektrische Arbeit wird von der Cleveland Electric Illuminating Co. in Form von Drehstrom mit 11 000 V geliefert und in den Unterwerken von Motorgeneratoren in Gleichstrom von 3000 V umgeformt. Diese Unterwerke werden mit den für den Triebwagen-Schnell-

verkehr vorgesehenen besonders gespeisten Unterwerken eine gegenwärtige Reserve im Falle einer Störung in einem der beiden Netze bilden.

Abb. 5.

Jedes Unterwerk wird durch Fernsteuerung von einer auf dem Zentralbahnhof angeordneten Aufsichtstelle überwacht. Sowohl das Anlassen und Abstellen der Motorgeneratoren als auch die Schaltmaßnahmen auf der Drehstromseite werden von dort aus geregelt.

Die Fahrleitung ist als einfache Kettenaufhängung da, wo es der Gleisabstand erlaubte, an zwischen den Gleisen aufgestellten Masten aus Breitflanschträgern mit Auslegern nach beiden Seiten, sonst an Fachwerkbrücken aufgehängt. Ihre Unterteilung geschieht mittels Schutzstrecken, die verhindern sollen, daß die Stromabnehmer eines Fahrzeuges eine abgeschaltete Strecke unbeabsichtigt unter Spannung setzen. Derartige Schutzstrecken werden in grundsätzlich gleicher Ausführung auch bei uns angewendet, aber nur da, wo die Speisebezirke zweier Kraftwerke sich berühren. Im Gegensatz zur Entwicklung des Fahrleitungsbaues in Deutschland ist doppelte Isolation angewendet worden.

Die elektrischen Lokomotiven vermögen Züge von 1300 t Anhängegewicht auf Steigungen von 15,6 ‰ anzufahren und sie auf ebener Strecke mit einer Geschwindigkeit von 85 km/h zu befördern. Ihre Achsanordnung ist $_2C\,C_2$. Ihre Hauptdaten zeigt die folgende Aufstellung:

Gesamtgewicht	186 t
Reibungsgewicht	136 t
Gesamtlänge	24,35 m
gesamter Radstand	21 m
Radstand der Treibachsen	11,88 m
fester Radstand	4,57 m
Treibraddurchmesser	1,22 m
Laufraddurchmesser	0,914 m
Übersetzungsverhältnis	1:2,74
Stundenleistung	3080 HP
Dauerleistung	2680 HP
Anfahrzugkraft	34 t
Zugkraft bei 54 km/h	23 t

Die für 3000 V isolierten künstlich gekühlten Motoren werden zu je zwei in Reihe geschaltet, also nur mit 1500 V betrieben. Die Geschwindigkeitsregelung geschieht in der üblichen Weise durch Serienparallelschaltung in verschiedenen Gruppen. Die Lokomotiven sind mit Zugsteuerung versehen, so daß zwei Lokomotiven von einem Führerstand aus gesteuert werden können. Um die Heizung der Züge mit Dampf zu ermöglichen, ist auf jeder Lokomotive ein ölgefeuerter Kessel für eine stündliche Verdampfung von 1820 kg Wasser angeordnet. Die Lokomotiven sind von der General Electric Co. zusammen mit den American Lokomotive Works geliefert worden.

Zur Unterhaltung der Lokomotiven ist eine Ausbesserungswerkstatt in Collinwood errichtet worden. Außerdem sind für tägliche Schnellrevisionen sowohl in Collinwood als auch in Linndale je ein Schuppen mit Ständen für zwei Lokomotiven erbaut worden. (Railway Age Bd. 88, S. 1566.) *—sb—*

Nachträglicher Einbau von Kurzschluß-Prüfeinrichtungen in Wechselstrom-Bahnanlagen. — In Bahnanlagen sind die selbsttätigen Speise- und Fahrleitungschalter besonders starken Beanspruchungen ausgesetzt. Besonders bei den Schaltern älterer Anlagen, die zum Teil seit der Einführung des elektrischen Betriebes auf den deutschen

a Fahrleitungs-Schaltwagen
b Ersatzschaltwagen und für Prüfungen
c Fahrleitungen
d Ersatz-Fahrleitungs-Ölschalter und für Prüfungen
e Trennumschalter
f Warnlampe
$g_{1 \ldots 4}$ fernbetätigte Prüftrennschalter
h Prüfwiderstand
i Stromwandler mit Prüfstromzeiger
$k_{1 \ldots 4}$ Druckknöpfe für die Betätigung der Prüftrennschalter
$l_{1 \ldots 4}$ Schütze zur Betätigung der Prüftrennschalter
m, n Stellungen des Umschalters

Abb. 6. Schaltbild der Kurzschluß-Prüfeinrichtung im Umformerwerk Basel.

Vollbahnen vor etwa 20 Jahren im Gebrauch sind, besteht die Gefahr, daß sie der erheblichen Beanspruchung bei mehrmaligem Wiedereinschalten auf einen noch bestehen-

den Kurzschluß nicht gewachsen sind. Der immerhin kostspielige Ersatz solcher Schalter durch leistungsfähigere läßt sich durch Einbau von Kurzschluß-Prüfeinrichtungen in vielen Fällen vermeiden. Das Wesen einer solchen Kurzschluß-Prüfeinrichtung besteht darin, daß man nach selbsttätigem Auslösen eines Fahrleitungsschalters, wenn ein Kurzschluß angenommen werden kann, nicht sofort wieder einschaltet, sondern zunächst durch die Prüfeinrichtung feststellt, ob der Kurzschluß noch weiter besteht. Solche von Gleichstrombahnen her bekannten Prüfeinrichtungen wurden von den SSW auch für Wechselstrombahnen entwickelt und können oft mit geringen Kosten in bestehende Anlagen nachträglich eingebaut werden. R. Schaar beschreibt einen solchen Einbau an Hand eines Beispiels der Wiesenthalbahn im Unterwerk Basel. In Abb. 6 sei der Ölschalter *d*, der im vorliegenden Falle zugleich als Ersatz-Fahrleitungsschalter dient, eingeschaltet. Der einpolige Trennumschalter *e* befindet sich in der Stellung *m*. Ist infolge Kurzschlusses ein Fahrschalter herausgefallen, so betätigt der Wärter den Druckknopf *k* ($k_{1,2}\ldots$) der betreffenden Leitung. Hierdurch wird über das zugehörige Schütz *l* ($l_{1,2}\ldots$) der Prüftrennschalter *g* der Leitung eingeschaltet, und es fließt bei noch bestehendem Kurzschluß ein Prüfstrom über den Prüfwiderstand *h* und die betreffende Leitung nach Erde, was an einem Ausschlag des Prüfstromzeigers zu erkennen ist. Das Loslassen des Druckknopfes hat das Ausschalten des Prüftrennschalters zur Folge, wodurch verhindert wird, daß der für eine Dauerbeanspruchung nicht bemessene Prüfwiderstand unzulässig lange eingeschaltet bleibt.

Die bei Einbau einer solchen Prüfeinrichtung nötigen Trennschalter lassen sich ohne erhebliche Kosten für Fernbetätigung einrichten. (R. Schaar, Siemens-Z. 1931, S. 32.). *Str.*

Bergbau und Hütte.

Das Schmelzen großer Mengen im kernlosen Induktionsofen. — Vom technischen Standpunkt kann die Größe oder die Leistung eines kernlosen Induktionsofens so groß wie gewünscht gemacht werden. Bei den kleinen Öfen besteht das kubische Gehäuse aus Asbestpappe, die mit Eckstücken und Winkeln aus einem nichtmagnetischen Metall verstärkt ist. Ein Gehäuse aus Stahl kommt nicht in Frage, weil dasselbe verschwenderisch durch induzierte Wirbelströme erwärmt werden würde. Diese Ausführung eignet sich jedoch nur für Öfen bis zu 2 t Inhalt, kommen aber Öfen von 3, 5, 10 oder vielleicht 25 ... 50 t Leistung in Frage, so genügt diese Konstruktion nicht mehr den mechanischen Anforderungen.

In den letzten zwei Jahren hat sich eine Konstruktion entwickelt, bei der der Einsatz und das Heizelement in einem Gehäuse aus magnetischem Stahl untergebracht werden können. Ein sog. „äußerer Feld-Eliminator" wird

Abb. 7. Innere Ansicht der Induktionsspule.

Abb. 8. Diagramm der Verbindungen eines parallelen Spuleninduktors.

verwendet zur Verhinderung der Induktion von Wirbelströmen im Stahlgehäuse. Das Verfahren ist einfach und besteht darin, daß das Stahlgehäuse an seiner inneren Oberfläche mit hochleitungsfähigem Kupferblech von ¼" Dicke belegt wird. Ein derartiger Ofen kann einen ganzen Tag betrieben werden, ohne so warm zu werden, daß er nicht mit der bloßen Hand berührt werden kann. Abb. 7 zeigt das Innere eines Ofens mit einer Ansicht der Konstruktion des Induktors von hinten. Derselbe besteht aus zwei Spulen aus abgeflachten Kupferröhren, von denen die eine rechts, die andere links gewunden ist. Die beiden Hälften des Induktors sind parallel miteinander verbunden. Die eine Klemme der Leitung zum Kondensator liegt in der Mitte des Induktors, wo die beiden Hälften zusammenstoßen, und die andere Klemme geht zu einer Schleife, die die beiden äußeren Enden des Induktors miteinander verbindet. Wie aus der Abbildung ersichtlich ist, erhöht sich die Anzahl der Windungen von der Mitte zu jedem Ende. In der mittleren Zone liegen die abgeflachten Kupferröhren hochkannt. Dann folgen einige Windungen aus nicht abgeflachten Röhren, und an beiden Enden liegen die abgeflachten Röhren mit ihrer größten Abmessung horizontal. Der Zweck dieser Art Windung ist die Herstellung eines magnetischen Feldes innerhalb der Spule, das möglichst gleichförmig und parallel zur Achse des Induktors über die ganze Länge ist. Versuche haben gezeigt, daß „Endverluste" durch Wirbelströme in einer abgestuften Spule geringer sind als bei gleichförmig gewundenem Induktor. Ferner erhitzen sich feste Zylinder von elektrisch leitfähigem Material gleichmäßiger von der Mitte zu den Enden.

Abb. 8 zeigt ein Schaltbild eines parallelen Spuleninduktors. Bei Öfen unter 1 t Leistung wird das Kühlwasser unter einem Druck von 2 at oder mehr durch die Röhren geschickt, während bei größeren Öfen das Wasser mittels einer kleinen Wasserturbine, die durch Motor angetrieben wird, durch die Spule gesaugt wird. Sollte flüssiges Metall ausfließen und ein Loch in die Induktionspule fressen, so leert sich der Induktor schnell, und keine große Wassermenge kommt in Berührung mit dem Metall, was im anderen Fall eintreten würde. Somit kann auch keine gefährliche Explosion stattfinden. (The Iron Age Bd. 127, S. 228.) *Ill.*

Hebezeuge und Massenförderungen.

Kohlenverladeanlage im Westhafen von Helsingfors. — Die maschinelle Ausrüstung des Kohlenhafens in Helsingfors, der 1925 dem Betrieb übergeben wurde, ist seit etwa einem Jahr so weit ausgebaut, daß in einer Stunde 1000 t Kohlen gelöscht werden können. Die Anlage wurde von der Demag AG. Duisburg gebaut und stellt die größte ihrer Art in Nordeuropa dar. Sie besteht aus 5 Portalkranen am Kai, 3 Verladebrücken mit obenlaufenden Drehkranen und 2 Verladebrücken mit schnellfahrenden Zweischienenkatzen. Die Gesamtanordnung ist aus Abb. 9 zu erkennen. Zum schnellen Löschen der am Kai liegenden Schiffe können 8 Krane herangezogen werden. Die 5 Portalkrane fördern die Kohlen aus den Seeschiffen entweder unmittelbar in Eisenbahnwagen oder auf den vorderen Teil des Lagerplatzes, oder sie beladen die Eisenbahnwagen vom Platz aus. Die Drehkrane sind auf den Portalen fahrbar, damit sie alle Gleise bequem bedienen und noch möglichst weit über den Lagerplatz reichen können.

Die Drehkrane auf den Verladebrücken am Kai sind gleichfalls für diese Arbeiten zu verwenden, dienen jedoch in der Hauptsache zum Beschicken des hinteren Teiles des Lagerplatzes vom Schiff aus. In diesem Falle werfen sie die Kohlen entweder unmittelbar auf den Platz oder füllen sie in die an den wasserseitigen Brückenenden eingebauten Bunker, aus denen sie durch die Katzen der den landseitigen Teil des Lagerplatzes überspannenden Brücken entnommen werden. Diese beiden Brücken können nämlich mit je einer der Drehkranbrücken derart gekuppelt werden, daß ihre Katzen auf die Untergurte der Drehkranbrücken überfahren können. Sie sind mit je einem 9 m³ fassenden Klappkübel (Abb. 10[*1]) ausgerüstet, der zur Aufnahme der Kohlen unter die elektrisch gesteuerten Bunkerverschlüsse gefahren wird. Die Katzen sind also in der Lage, die Kohlen nach Belieben über den vorderen oder hinteren Lagerplatz zu verteilen, während die Brückenkrane unabhängig davon die Bunker aus dem Schiff oder vom vorderen Teil des Lagerplatzes aus füllen. Zum Beladen von Eisenbahnwagen und Straßenbahnfahrzeugen vom hinteren Lagerplatz aus werden ebenfalls die Laufkatzen benutzt. In diesem Falle werden die Klappkübel gegen 2,75 m³ fassende Selbstgreifer ausgewechselt. Damit man auch Kohle aus den Bunkern der Kaibrücken in die auf den wasserseitigen Gleisen angefahrenen Eisenbahn-

[*1] Aus Z. VDI Bd. 74, S. 1702.

wagen laden kann, sind die Bunker mit einziehbaren Rutschen (Abb. 10) versehen worden, die in die Eisenbahnwagen hinabgelassen werden können.

Abb. 9. Gesamtbild der Kohlenverladeanlage im Westhafen von Helsingfors.

Die Hubgeschwindigkeit beträgt bei den zuerst aufgestellten Kranen 48, bei den neueren 58 m/min. Die Fahrgeschwindigkeit der auf den Brücken fahrenden Krane beträgt 200 m/min und die der Krane auf den Portalen wegen des geringeren Fahrbereiches 20 m/min. Die ganze Anlage wird mit Drehstrom 500 V, 50 Hz betrieben. *fi*

a Brückenbunker
b Fallrohre
c Klappkübel
d hochziehbare, allseitig geschlossene Rutsche

Abb. 10. Einzelheiten einer der Kaibrücken und eines der vor ihr befindlichen Vollportalkrane.

Physik und theoretische Elektrotechnik.

Tesla-Transformator zur Erzeugung höchster Spannungen. — Die Physik braucht zur weiteren Erforschung des Atoms, namentlich seines Kernaufbaues, Elektronen- und Ionenstrahlen großer Geschwindigkeit, zu deren Erzeugung sehr hohe Spannungen nötig sind. Wie sich diese Spannungen unter Verwendung von Gewitterelektrizität gewinnen lassen, wurde hier bereits beschrieben (Versuche am Monte Generoso[1]). Einen anderen Weg haben Breit, Tuve und Dahl eingeschlagen, indem sie den Tesla-Transformator zur Erzeugung von Spannungen bis zu 5,2 Mill V praktisch brauchbar machten. Um die Koronaerscheinungen auszuschalten, die ein Erreichen höherer Spannungen als etwa 1 Mill V bisher unmöglich machten, wurde der Transformator nach Abb. 11 in Öl gebettet; die mögliche Höchstspannung betrug dann 3 Mill V. Wurde das Öl mittels Kohlensäure unter Druck gesetzt, so konnte die Tesla-Spannung auf 5,2 Mill Volt gesteigert werden. Die Schaltung der Anlage zeigt Abb. 11; in Abb. 12 sind ungefähr die Formen der Spannungen an verschiedenen Stellen der Apparatur angegeben. Für die Lieferung der Primärenergie erwies sich ein Röntgentransformator mit rotierendem Gleichrichter als gut geeignet (T und G in Abb. 11). Die Kondensatorbatterie C bestand für 3 Mill V sekundär aus 16 Telefunken-Ölkondensatoren (je 0,038 µF); für höhere Spannungen bauten die Verfasser einen Luftkondensator aus großen, beiderseits mit Bleifolie belegten Glasplatten (max. 1,6 µF). Die Primärspule P des Tesla-Transformators besteht aus 2 ... 5 Spiralwindungen aus Kupferrohr, die Sekundärspule S aus 5000 ... 7000 Windungen feinen Kupferdrahtes (Email + Seide), die in einer Lage eng aneinander auf ein Pyrexglasrohr von 8 cm Dmr. und rd. 100 cm Länge gewickelt sind. Um Windungsüberschläge der Sekundärspule zu vermeiden, ist auf sorgfältige Entfernung aller Luftreste zu achten. Die Sekundärspule hängt an Seidenschnüren im Inneren des Öltanks, der auch für die an die Sekundäre anzuschließenden Entladungsröhren Platz bieten muß.

Die Spannungsmessung geschieht zweckmäßig mittels einer Sondenkugel K, die sich entsprechend ihrer Lage im Felde der Tesla-Spule auf eine Spannung auflädt, die

Abb. 11. Schaltung und allgemeiner Aufbau der Tesla-Anordnung.

[1] ETZ 1929, S. 886.

mit der Funkenstrecke F_2 gemessen wird. Das Verhältnis dieser Spannung zur Tesla-Spannung läßt sich durch Versuche bei geringerer Spannung bestimmen, bei der die Tesla-Spannung direkt meßbar ist.

Die Verfasser haben die Spannungsverteilung über die Tesla-Spule bestimmt, verschiedene Größenverhältnisse der Wicklungen ausprobiert und sich einen Überblick über den Wirkungsgrad der Anlage verschafft. Über diese Punkte sowie über den praktischen Betrieb, die allmähliche Ölverbesserung durch Koronaentladungen usw. berichten sie ausführlich. Die Augenblicksleistung der Spule hat die Größenordnung 1000 kW; für die Speisung von Röntgenröhren ist ein Strom von $3 \cdot 10^{-5}$ A zu erwarten; Menge und Geschwindigkeit der erhaltenen Elektronen bzw. Ionen würden alle Erwartungen erfüllen. Besondere Schwierigkeiten bereitet jedoch die Schaffung von Entladungsröhren für diese hohen Spannungen; in einem direkt anschließenden Aufsatz berichten Tuve, Breit und Hafstad hierüber. Es gelang ihnen z. B., ein Rohr für 1,4 Mill V nach dem Grundsatz der Kaskadenschaltung (Coolidge[1]) zu entwickeln. (G. Breit, A. Tuve u. O. Dahl, Phys. Rev. Bd. 35, S. 51.) *Wi.*

Zeitdauer in Sekunden: 1/50, 1/50, 1/50, 1/10000, 1/10000; Spannung in kV: 0,22, 70, 70, 70, 5200

Abb. 12. Die Spannungswellen der Anordnung Abb. 11.

Spektrale Verteilung der Empfindlichkeit von Photozellen. — Für die photoelektrische Lichtmessng und Steuerung ist die genaue Kenntnis der spektralen Empfindlichkeitsverteilung der Zelle wichtig, u. zw. besonders dann, wenn man sie mit Hilfe von Filtern korrigieren und den verschiedenen Aufgaben anpassen will. W. F. Hess gibt zunächst die bekannte Empfindlichkeitskurve des Auges wieder. Anschließend bringt er Kurven der spektralen Empfindlichkeitsverteilung, die er mit Wolframlampe und thermoelektrisch geeichtem Doppelmonochromator an einer Burt-Zelle (elektrolytisch eingebrachtes Natrium) an normalen Kalium-, Natrium-, Rubidium- und Cäsiumzellen sowie an den neuen Dünnschicht-Cäsiumzellen mit Gold-, Kupfer- und Silberoxydunterlage gemessen hat. Alle Kurven weisen gegenüber unserer bisherigen Kenntnis merkwürdig steilen Empfindlichkeitsanstieg auf der kurzwelligen Seite und relativ geringe Selektivität auf. (W. F. Hess, Rensselaer Polytechn. Inst., Bull. Nr. 23.) *Gff.*

Hochspannungstechnik.

Durchschlag fester Isolierstoffe. — Durch die Forschungen von Inge und Walther[2] sind die Gebiete des rein elektrischen und des Wärmedurchschlages versuchsmäßig nachgewiesen, ohne jedoch aufzuklären, was dazwischen liegt. Zahlreiche Durchschlagversuche an gläsernen Hohlkugeln und dünnen ebenen Blättchen aus geschmolzenem Quarz, Zelluloid und Glimmer, die zur Vermeidung der Randwirkung der Elektroden in halbleitende Bäder getaucht wurden, haben nun ergeben, daß es tatsächlich drei voneinander deutlich verschiedene Arten des dielektrischen Durchschlages gibt. Moon und Norcross zeigen, daß die Durchschlagspannung bei Gleichspannung der Gleichung

$$U = K_i d^{n_i} \cdot 10^{b_i/T}$$

genügt, worin U die Durchschlagspannung in kV, d die Dicke der Durchschlagprobe in μ, T die absolute Temperatur und K, n und b Konstante vorstellen, die durch Versuch bestimmt werden müssen; i bezeichnet das Gebiet des Durchschlags, u. zw. ist $i = 1$ für den rein elektrischen, $i = 3$ für den Wärmedurchschlag und $i = 2$ für das neu entdeckte Zwischengebiet. Für dieses ist $n_2 = 2/3$ bei den untersuchten Dielektrika angenähert zutreffend. Die Werte n_3 schwanken in Übereinstimmung mit einer von Fock[3] aufgestellten Theorie des Wärmedurchschlags zwischen 0 und 0,5. Im Gebiet des rein elektrischen Durchschlags besteht keine Abhängigkeit der Durchbruchfeldstärke von Schichtdicke und Temperatur. Im Zwischengebiet sind die Änderungen der Durchschlagspannung proportional der 2/3. Potenz der Schichtdicke und folgen dem Umgekehrten der absoluten Temperatur exponentiell. Beim Wärmedurchschlag ist die Durchschlagspannung eine Funktion der 1/2. oder einer geringeren Potenz der Dicke und eine Exponentialfunktion des Umgekehrten der absoluten Temperatur. Auf die Durchschlagspannung ohne Einfluß ist im Bereiche 20 ... 1000 V/s die Geschwindigkeit der Spannungssteigerung, ausgenommen beim Wärmedurchschlag, wo wenigstens 5 ... 10 min bis zum Durchschlag verstreichen müssen. Das Elektrodenmaterial hat in den ersten beiden Gebieten des Durchschlags auf diesen ebenfalls keinen Einfluß, dagegen erhöhen bei Glas nichtpolarisierende Elektroden die Leitfähigkeit desselben und setzen im Gebiet des Wärmedurchschlags die Durchschlagspannung herab. Der rein elektrische Durchschlag ist bei Gläsern möglicherweise auf eine Zertrümmerung der SiO_2-Moleküle zurückzuführen. Beim Wärmedurchschlag ist nach den Ergebnissen ein Zusammenhang zwischen Alkaligehalt und Durchbruchfeldstärke unverkennbar, indem mit zunehmender Konzentration der Na-, K- und Ca-Ionen in den Gläsern die Durchschlagspannung sinkt und die Leitfähigkeit zunimmt. Bleioxydhaltiges Glas hat dagegen trotz hohen Alkaligehaltes einen sehr hohen Durchgangswiderstand. (P. H. Moon u. A. S. Norcross, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 49, S. 125.) *O. N.*

[1] Vgl. ETZ 1927, S. 688.
[2] Arch. El. Bd. 19, S. 257 (1928); Bd. 22, S. 410 (1929).
[3] Arch. El. Bd. 19, S. 71 (1927).

Messung von Überspannungen im Netzbetrieb. — In Fortsetzung der bereits beschriebenen Untersuchungen[1] erhält man im wesentlichen Bestätigungen der früheren Feststellungen besonders hinsichtlich der Höhe (Abb. 13), Dämpfung, Steilheit der Wellen, des Schutzwertes von Erdseilen usw. Die neuen Untersuchungen wurden außer mit dem schon früher benutzten Klydonographen mit zwei Kathodenstrahl-Oszillographen, mit Geräten zur Aufzeichnung der Blitzstromstärke, des Feldverlaufs und des Verlaufs der Änderungsgeschwindigkeit der Feldstärke vorgenommen. Von den aufgenommenen 95 Oszillogrammen wiesen 50 eine Scheitelspannung unter 100 kV auf, 30 zwischen 100 und 300 kV und 15 über 300 kV. Die Hauptangaben für die Oszillogramme über 100 kV Höchstspannung werden eingehend aufgeführt. Die höchste verzeichnete Spannung beträgt 1260 kV (negativ). Die Wellen über 300 kV steigen innerhalb 1,6 ... 36 μs an, ihre Gesamtdauer schwankt zwischen 4 und 75 μs. 60 % der Wellen waren positiv, 40 % negativ im ersten Teil; bei 3/4 der Wellen wurde ein Durchgang der Spannung durch Null aufgezeichnet. Zwischen dem Entstehungsort der Welle und der Anschlußstelle des Oszillographen dürfte in den meisten Fällen eine wesentliche Verschleifung bereits stattgefunden haben; anderseits trat in den Oszillogrammen der Einfluß der Reflexion am offenen Leitungsende zutage.

Überspannungen, die den Abszissenwert übersteigen, %; Vielfache der Betriebspg. gegen Erde; Pennsylvania Power & Light Co; Ohio Power Co

Abb. 13. Durch Gewitter hervorgerufene Überspannungen im Sommer 1929.

Feldstärke kV/m; Entfernung des Blitzeinschlages km

Abb 14 Feldstärke am Beobachtungsort in Abhängigkeit von der Entfernung des Blitzeinschlages; Sommer 1929.

Messungen an einer besonderen Antenne ergaben im Gewitter Feldstärken über dem Boden bis zu rd. 280 kV/m. Klydonographen besonderer Bauart wurden an einigen Gittermasten so angebracht, daß sie den Spannungsabfall des Blitzstroms im Falle eines Blitzeinschlags in den Mast aufzeichneten. Die 4 erhaltenen Aufzeichnungen ergaben die Stromstärken[2] 60 000 A (negativ, gleichzeitig aufgezeich-

[1] W. W. Lewis, Gen. El. Rev. Bd. 32, S. 364 (1929). Bericht ETZ 1930, S. 748.
[2] Vgl. dazu Binder, ETZ 1928, S. 503.

rete Spannungshöhe 2400 ... 2800 kV), 100 000 A (negativ), 175 000 A (negativ, gleichzeitig aufgezeichnete Spannung 900 kV) und 100 000 A (negativ, gleichzeitig aufgezeichnete Spannung 700 kV).

Das Meßgerät zur Aufzeichnung der Feldstärke ergab unter 33 Gewittern je 40 % mit vorwiegend einseitiger und 20 % mit gleichmäßig gemischter Polarität. Vergleicht man die gemessenen Feldstärken mit den durch Schallmessung festgestellten Blitzentfernungen, so erhält man Abb. 14. Die Aufzeichnungen des Meßgerätes, das die Geschwindigkeit der Feldänderung verfolgt, konnten bisher nicht ausgewertet werden, da es zunächst für die hohen Änderungsgeschwindigkeiten eingerichtet war. Die Versuche werden fortgesetzt. (W. W. Lewis u. C. M. Foust, Gen. El. Rev. Bd. 33, S. 185.) *Stk.*

Werkstatt und Baustoffe.

Der Einfluß des Kaltreckens auf die magnetischen Eigenschaften eines Kohlenstoffstahls. — An Kohlenstoffstahl von 0,78 % C wird der Einfluß des Kaltreckens und des Anlassens auf Remanenz, maximale Permeabilität und Koerzitivkraft untersucht und übereinstimmend mit P. Goerens bei der ersten Stichabnahme eine bedeutende Abnahme der Remanenz, bei weiterer Deformation dagegen ein Anwachsen der Remanenz festgestellt. Beim Anlassen steigt die Remanenz und erreicht bei 600 ° C ein Maximum, das über dem ursprünglichen Wert vor dem Kaltrecken liegt. Die Maximalpermeabilität verhält sich ganz ähnlich wie die Remanenz, nimmt aber beim Kaltrecken bei rd. 30% Verformung wieder auf den Wert nach dem ersten Stich ab und bleibt dann konstant. Beim Anlassen verhält sie sich wie die Remanenz. Die Koerzitivkraft nimmt mit dem Verformungsgrad stetig zu und erreicht ihren doppelten Anfangswert bei rd. 80 % Verformung. Beim Anlassen nimmt sie ab, der Abfall verlangsamt sich beträchtlich oberhalb von 400 ... 450 ° C.

Die Untersuchung des gehärteten Kohlenstoffstahls nach Abschrecken von 770 ° C in Wasser sowie eines Molybdänstahls mit 0,96 % C und 2,18 % Mo, von 825 ° C in Öl abgeschreckt, ergab für die Koerzitivkraft des Kohlenstoffstahls bei 450 ° C Anlaßtemperatur ein starkes sekundäres Maximum, beim Molybdänstahl ein flaches, über ein großes Temperaturintervall ausgedehntes sekundäres Maximum. Bei beiden Stählen entspricht dem Maximum der Koerzitivkraft ein Minimum der Maximalpermeabilität. Ein klarer Zusammenhang zwischen Härte und Koerzitivkraft konnte nicht festgestellt werden. Die nach dem Härten erzielten magnetischen Eigenschaften sind bei Kohlenstoffstahl im Gegensatz zu Chrom- und Wolframstählen vom Verformungsgrad und Gefüge des Ausgangstoffes ziemlich unabhängig. (W. S. Messkin, St. u. E. Bd. 50, S. 105.) *Krz.*

Über Oxydation der Transformatorenöle. — Die Änderung der Transformatorenöle kann als Oxydationsvorgang betrachtet werden, denn die Produkte, die während des Betriebes im Transformator gebildet werden, sind sauerstoffhaltige Verbindungen. Beim Erhitzen des Öles in einer Sauerstoffatmosphäre bilden sich ähnliche Produkte wie im Transformator, während beim Erhitzen ohne Sauerstoff keine Veränderung des Öles stattfindet. Die Sauerstoffaufnahme wurde in Abhängigkeit von der Zeit bestimmt. Sie konnte nicht mittels Druckänderung erzielt werden, da bei der Oxydation sich flüchtige Säuren bilden. Es wurde daher so verfahren, daß ± 40 cm³ Sauerstoff bei 100 ° C über 5 cm³ Öl gebracht wurden. Nach einiger Zeit wurde durch Absorption mit Lauge bestimmt, wieviel flüchtige Säure gebildet war und durch Absorption mit Natriumhydrosulfit, wieviel Sauerstoff noch übrig war. Nun wurde wieder Sauerstoff über das Öl gebracht. Es zeigte sich, daß die Sauerstoffaufnahme während der ersten Stunden größer war als später, auch wurde eine größere Menge flüchtiger Säuren gebildet. Wurde über dem Öl einige Zeit lang Vakuum erzeugt, so verschwand diese Erscheinung. Die erhöhte Sauerstoffaufnahme findet also ihre Erklärung in der Oxydation der Gase, welche aus dem Öle während der ersten Stunden entweichen.

Aber auch während der weiteren Oxydation des Öles findet noch Oxydation in der Gasphase statt. Durch Auspumpen wurden aus einem Öle die am leichtesten siedenden Bestandteile entfernt. Es zeigte sich, daß die Sauerstoffaufnahme um so niedriger war, je länger ausgepumpt wurde. Immer findet also neben einer Oxydation im Öl eine Oxydation in der Gasphase statt.

Um die Oxydation im Öl zu messen, wurden zugeschmolzene und mit Öl gefüllte Glaskugeln auf 100 ° C erhitzt. Durch Auspumpen wurde die Menge Sauerstoff bestimmt. Es zeigte sich, daß die Sauerstoffaufnahme durch Oxydation im Öle nach einer Induktionsperiode 0,07 cm³/h für 100 cm³ Öl beträgt, während die ganze Sauerstoffaufnahme 0,05 cm³/h für 5 cm³ Öl ist. Nach der Induktionsperiode kann die Reaktion im Öle mit einer monomolekularen Reaktionsgleichung beschrieben werden, wobei sich für jedes Öl eine andere Reaktionskonstante ergibt. Demzufolge ist nur ein solches Reaktionsschema möglich, wobei der Sauerstoff molekular mit dem Öle selbst reagiert. (C. Janssen, Arch. El. Bd. 24, H. 5, S. 567.)

Verschiedenes.

Neue Auslandsnormen. — England (Institution of Electrical Engineers, Savoy Palace, Victoria Embankment, London, W. C. 2): List of corporate members and of non-corporate members, 1930 (Mitgliederverzeichnis). — Österreich (Elektrotechnischer Verein in Wien, Theobaldgasse 12, Wien VI): Önorm E 1001 Betriebspannungen und Periodenzahl elektrischer Anlagen. — Önorm E 5955 Elektrische Maschinen, Achshöhe. — Önorm E 5965 Elektrische Maschinen, Leistungschilder, Richtlinien. — Schweden (Svenska Teknologföreningen, Stockholm 16): SEN 4 Normer för Transformatorer.

Abschlag auf die Stundensätze der Gebührenordnungen der Architekten und Ingenieure. — Die in Heft 26, S. 850 der ETZ veröffentlichte Bekanntmachung des AGO betr. Gewährung eines Abschlages von 10 % auf die Stundensätze für gutachtliche Tätigkeit ist, wie wir hören, mißverstanden worden, obgleich darin klar zum Ausdruck kommt, daß die Gebührenordnung der Ingenieure vom 1. VII. 1927 in ihrer Gesamtheit unberührt bleibt. Auch bezüglich des Stundensatzes von 8 RM steht der AGO an sich auf dem Standpunkt, daß dieser, wenn man die gesteigerten Bürohaltungskosten, sozialen Lasten und neuen Steuern (Gewerbesteuer der freien Berufe) berücksichtigt, auch heute noch durchaus angemessen ist. Da aber sowohl von seiten der Gerichte als auch der Industrie- und Handelskammern jetzt vielfach geltend gemacht wird, daß der Satz der heutigen allgemeinen Wirtschaftslage nicht mehr entspräche — da er in der GO. ausdrücklich als Mindestsatz bezeichnet ist —, so ist, um denjenigen Fachgenossen, die nach ihrer Angabe zu diesen Sätzen Aufträge nicht mehr erhalten, den Gewissenskonflikt der Unterbietung der Sätze der GO. zu ersparen, als vorübergehende Maßregel, ein Abschlag von 10 % als zulässig bezeichnet.

Es ist selbstverständlich, daß Leistungen von größerer Schwierigkeit, besonderem Wert und solche, die nur von Spezialgutachtern bewirkt werden können, nach wie vor, entsprechend der GO., über deren Mindestsatz bewertet werden können.

I. A.: Der Geschäftsführer des AGO:
Fr. Eiselen.

Jubiläum. Die Firma Robert Abrahamsohn, G. m. b. H., Berlin-Steglitz, Spezialfabrik elektrischer Meßinstrumente und Regulierwiderstände, beging am 1. VII. 1931 das Jubiläum ihres 30jährigen Bestehens.

Energiewirtschaft.

Ein Großkraftwerk bei Montreal. — Etwa 35 km westlich von Montreal am mittleren St. Lorenz wird z. Z. das gewaltige Beauharnois-Kraftwerk gebaut, benannt nach der in der Nähe liegenden Ortschaft gleichen Namens. Die auftraggebende Firma und spätere Eigentümerin ist die für diesen Zweck gegründete Beauharnois Power Corporation, Montreal. Einmal war es die immer dringender werdende Frage der Sicherstellung Montreals in bezug auf seine Versorgung mit elektrischer Arbeit und sodann die Ansiedlung neuer Industrien in den Provinzen Quebec und Ontario, was die Errichtung dieses Werks notwendig machte. Das Unternehmen ist eines der größten, welches je in Kanada zur Ausführung gelangte und schließt den Bau eines schiffbaren, 22 km langen Kanals ein, der den St. Francis-See und den St. Louis-See miteinander verbinden wird. Gegenwärtig fließt das Wasser des St. Lorenz über kurze, starke Stromschnellen etwa 25 km weit zum St. Louis-See. Der Kanal, der 9 m Tiefe und 185 m Breite haben wird, kostet 16 Mill $. Zwei Dämme, 800 m voneinander getrennt, sind bereits fertig und könnten, wenn nötig, die ganze Wassermenge des St. Lorenz aufnehmen, was einen Ausbau des Kraftwerks auf 2 Mill PS ermöglichen würde. Berechnung und Konstruktion des Kanals sowie des Werks beruhen hierauf. Bei der Ausschachtung des Kanals finden ein hydraulisch-elektrischer

Bagger, der 800 m^3/h leistet und 710 000 m^3 in einem Monat förderte, sowie ein gewaltiger elektrischer Schaufelbagger Verwendung, dessen Ausleger 78 t wiegt und 29 m lang ist. Die Schaufel allein wiegt 540 t, kann 8,4 m^3 Granit fassen und wird durch einen 680 PS-Motor in Bewegung gesetzt.

Das Krafthaus wird nach Vollendung eine Länge von 305 m und die Höhe eines zwölfstöckigen Hauses haben. Die bis jetzt vom Gouvernement bewilligte Wassermenge beläuft sich auf 1400 m^3/s und wird unter einem Gefälle von 26 m wirken. Die Kosten der Zentrale betragen etwa 65 Mill $. Der erste Ausbau wird zwei Generatoren von je 46 625 kVA, 13,2 kV, 75 U/min, zwei solche von je 43 800 kVA und zwei Stromerzeuger von je rd. 6000 kW für Eigenbedarf umfassen.

Die Beauharnois Power Corporation hat bereits Lieferungsverträge für 462 000 PS in Händen, wovon die ersten 200 000 PS anfangs Oktober nächsten Jahres zur Abgabe gelangen werden; 250 000 PS sind durch die Hydro-Electric Power Commission of Ontario gesichert und werden über eine 220 kV-Freileitung den Unterstationen der Kommission zugeführt. Die Montreal Light Heat & Power Co. ist mit 150 000 PS beteiligt und vollendete ihre 48 km lange Hochspannungslinie, bestehend aus Stahl-Aluminiumseil von 362 mm^2, in diesem Frühjahr. Die Einschaltung des Beauharnois-Werks in das Leitungssystem von Montreal macht eine Erweiterung der Freiluftstationen Atwater in Montreal und Cedar Rapids erforderlich, deren Kosten sich auf 0,6 Mill $ belaufen. *Rn.*

Erzeugung und Verbrauch elektrischer Arbeit in Deutschland[1]. — Die Erzeugung der 122 Elektrizitätswerke ist auch im Mai 1931 weiter gesunken, u. zw. gegenüber dem April um 29,3 Mill kWh (2,6 %) und gegen den Parallelmonat des Vorjahres um 192,5 Mill kWh (15 %). Arbeitstäglich betrugen diese Abnahmen 1,222 Mill kWh (2,6 %) und 3,867 Mill kWh (7,8 %). Im Anschlußwert hat der April keine Änderung gegen den März gebracht, doch ist jener, verglichen mit dem gleichen Monat von 1930, um 18 000 kW geringer gewesen. Der Verbrauch weist eine Verminderung um 18,7 Mill kWh (4 %) gegen den März und um 45,7 Mill kWh (fast 10 %) gegenüber dem April des Vorjahres auf. Arbeitstäglich stellte sich dieser Rückgang auf 1,904 Mill kWh (9,4 %), während der Konsum im Vergleich mit dem Vormonat um 0,688 Mill kWh (4 %) zugenommen hat.

Monat	Arbeitstage		Von 122 Elektrizitätswerken selbst erzeugte Mill kWh: insgesamt		arbeitstäglich		Anschlußwert und Verbrauch der von 103 Elektrizitätswerken direkt belieferten gewerblichen Abnehmer: Anschlußwert Mill kW		Gesamtverbrauch Mill kWh		arbeitstäglicher Verbrauch: insgesamt Mill kWh		kWh/kW Anschlußwert	
	1931	1930	1931	1930	1931	1930	1931	1930	1931	1930	1931	1930	1931	1930
I.	26	26	1357,6	1555,7	52,2	59,8	4,6	4,6	462,5	545,0	17,8	21,0	3,9	4,6
II.	24	24	1208,5	1392,5	50,3	58,0	4,6	4,6	438,5	512,3	18,3	21,3	4,0	4,7
III.	26	26	1266,9	1430,1	48,7	55,0	4,6	4,6	458,8	523,4	17,6	20,1	3,8	4,4
IV.	24	24	1133,2	1291,7	47,2	53,8	4,6	4,6	440,1	485,8	18,3	20,2	4,0	4,4
V.	24	26	1103,9	1296,4	46,0	49,9	.	4,6	.	498,9	.	19,2	.	4,2

Aus der deutschen Elektrizitätswirtschaft[2]. — Da die im Versorgungsgebiet des Märkischen Elektricitätswerks AG., Berlin, ansässige Industrie 1930 fast ausnahmslos ihre Erzeugung einschränken, vereinzelt sogar einstellen mußte und die Landwirtschaft weiter unter dem wachsenden Mißverhältnis der Gestehungskosten zu dem Erlös ihrer Erzeugnisse zu leiden hatte, war die bisher gewohnte schnelle Entwicklung des MEW in Mitleidenschaft gezogen. Der Gesamtstromabsatz hat sich zwar noch von 508,251 auf rd. 525,8 Mill kWh, also um 3,45 % erhöht, doch ist dieser Mehrabsatz nicht im eigentlichen Versorgungsgebiet der Berichterstatterin erzielt worden, sondern auf die um 26,273 Mill kWh größere Lieferung an die Überlandzentrale Pommern zurückzuführen. Für das eigene Versorgungsgebiet ergibt sich eine Abnahme von 8,725 Mill kWh oder 1,7 % gegenüber einem durchschnittlichen Rückgang in der gesamten deutschen Elektrizitätswirtschaft von rd. 5 %. An der Verminderung des Absatzes waren die industriellen Großabnehmer mit 9,5 %, die städtischen und kommunalen Wiederverkäufer mit 2,5 % beteiligt. Der Mehrverbrauch der Güter betrug 5,7 %, der Genossenschaften 7,6 % und der Kleinabnehmer 14,6 %. Die Zahl der elektrischen Küchen konnte in den von der Wirtschaftsnot am stärksten betroffenen letzten drei Monaten des Berichtsjahres sogar um 1200 vermehrt werden. Der mittlere Strompreis hat sich bei den Großabnehmern ohne Pommern um 0,2 %, bei den Gütern und Genossenschaften um 1,2 %, bei den Kleinabnehmern um 2,8 % ermäßigt und bei letzteren einschl. Zählergebühr nach den allgemeinen MEW-Tarifen auf rd. 23,2 Pf/kWh, d. h. auf etwa zwei Drittel des Vorkriegspreises verringert. Das Versorgungsgebiet der Berichterstatterin wuchs infolge Einverleibung der Überlandzentrale Birnbaum—Meseritz—Schwerin um 39 000 km^2 und erfährt durch die Angliederung des Freistaates Mecklenburg-Schwerin[1] eine Vergrößerung auf 51 000 km^2 mit 3,175 Mill Einwohnern; die Übernahme des östlichen Landesteils wird wahrscheinlich anfangs April 1933 erfolgen. Sodann gingen das Elektrizitätswerk Werneuchen und die Westprignitzer Elektrizitätsgenossenschaft Karstädt in den Besitz des MEW über, das innerhalb seines Arbeitsgebiets 85,2 % der vorhandenen Städte, 90 % der Landgemeinden, 72 % der Haushaltungen und 80 % der landwirtschaftlich genutzten Fläche versorgte. Die Gesamtleistung des Großkraftwerks Finkenheerd wird auf 177 000 kW gesteigert; ihr 100 kV-Netz erweiterte die Gesellschaft durch eine 100 kV-Doppelleitung zwischen Finkenheerd und Fürstenwalde, die unter erheblicher Entlastung der Hauptleitung auf dieser Strecke die Übertragungsverluste um jährlich etwa 4 Mill kWh verringert. Am Jahresschluß hatten die Hochspannungsleitungen eine Streckenlänge von 12 822 km. Bruttogeschäftsgewinn: 26 783 518 RM (25 193 095 i. V.), Reingewinn: 5 110 768 RM (5 332 201 i. V.), Dividende wieder 10 % von 50 Mill RM Aktienkapital, das die GV. auf 65 Mill RM erhöht hat.

Die Thüringische Landeselektrizitätsversorgungs-AG. „Thüringenwerk", Weimar, verzeichnet für 1930 eine Verringerung des Stromabsatzes von 112,656 auf 105,652 Mill kWh, d. h. um 6,22 %. Hauptabnehmer waren die Thüringer Elektricitäts-Lieferungs-Gesellschaft AG., Gotha, mit 46,854 Mill kWh (46,238 i. V.), die Kraftwerk Thüringen AG., Gispersleben, mit 13,879 Mill kWh (15,487 i. V.) und die Altenburger Land-Kraftwerke AG., Altenburg, mit 11,688 Mill kWh (11,886 i. V.). Mit dem städtischen Elektrizitätswerk Weimar wurde eine Verlängerung des Stromlieferungsvertrags bei gleichzeitiger Erhöhung der angeforderten Leistung vereinbart. Die Gesellschaft hat ferner die Schleizer Kleinbahn neu angeschlossen und die gesamte Belieferung der Baustelle der Bleilochtalsperre der AG. Obere Saale übernommen. Erträgnisse aus Stromlieferung, Zinsen usw.: 1 009 182 RM (994 431 i. V.), Überschuß: 347 826 RM (352 672 i. V.), Dividende: wieder 4 % auf 8 Mill RM Aktienkapital.

Das letzte Drittel des Geschäftsjahres 1930 hat dem Großkraftwerk Franken AG., Nürnberg, eine Verringerung des Stromabsatzes um 7 % gebracht; im ganzen ist er von 186,3 auf 180,8 Mill kWh oder um 3 % und im ersten Vierteljahr 1931 um 11,7 % gegen die Parallelzeit des Vorjahres zurückgegangen. Wenn der Bilanzüberschuß ungefähr dem von 1929 entspricht, so ist dies, wie der Vorstand schreibt, ausschließlich den günstigen Arbeiten der Wasserkraftwerke und der hierdurch ermöglichten Kohlenersparnis beim Dampfkraftwerk zuzuschreiben. Zur Reserve und Entlastung des in mehrjährigem Betrieb bewährten 100 kV-Kabels wurde die Legung eines zweiten Kabels notwendig, mit dem später der Westen Nürnbergs versorgt werden soll. Eine 60 kV-Freiluftschaltanlage beim Werk Gebersdorf dient der besseren Belieferung des Fränkischen Überlandwerks. Betriebsüberschuß: 2 609 685 RM (2 885 936 i. V.), Bilanzüberschuß: 699 494 RM (691 419 i. V.), Dividende: wieder 9 % auf 7 Mill RM Stammaktienkapital. Den Abnehmern soll ein Bonus von 3 % gewährt werden.

Die mit 14 Mill RM Aktienkapital und einer Anleihe von rd. 28,511 Mill RM arbeitende Schluchseewerk-AG., Freiburg i. Br., konnte 1930 unter Verwendung des gegenüber dem Vollausbau noch beschränkten Speicherraums des Schluchsees den Probebetrieb des ersten und zweiten Maschinensatzes im Werk Häusern und eines Satzes in Eichholz aufnehmen. Mit der Montage der weiteren Maschinensätze hat sie begonnen. Der Bau der Schluchseesperre wird in seinem Hauptteil 1931 durchgeführt. Die Ausgaben für die Bauanlagen haben sich von rd. 17,979 auf rd. 45,814 Mill RM erhöht.

[1] Vgl. ETZ 1931, S. 946.
[2] Vgl. ETZ 1931, S. 1012.

[1] Vgl. ETZ 1931, S. 613.

VEREINSNACHRICHTEN.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 7 Pallas 7286.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 218 12.

Bekanntmachung.

Kommission für Maschinen und Transformatoren.

Es sei nochmals auf die in ETZ 1931, Seite 851, erfolgte Bekanntmachung betr. Anpassung der R.E.M. und R.E.T. an die IEC-Regeln aufmerksam gemacht, da wider Erwarten eigentlich interessierte Kreise sich hierzu bislang nicht geäußert haben.

Sonderdrucke der auf den Seiten 825 u. ff. veröffentlichten Arbeit „Vergleich der IEC-Regeln mit den R.E.M. und R.E.T." von Herrn Professor Dr.-Ing. Kloss, Berlin, können durch die Geschäftstelle des VDE angefordert werden.

Die Frist zur Stellungnahme wurde bis zum 1. September 1931 verlängert.

Verband Deutscher Elektrotechniker
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

Neu erschienene DIN VDE-Normblätter.

Folgende DIN VDE-Normblätter sind neu erschienen:

Elektrische Bahnen.

Fahrschalter für Straßenbahnen.

DIN VDE 3300 Bl. 1 Kurbel; Zusammenstellung und Anschlußmaße (Juli 1931).
Bl. 2 Kurbelkörper (Juli 1931).
Bl. 3 Kurbel, Einzelteile (Juli 1931).

Elektrowärmetechnik.

„ „ 4911 Einzelkochplatten, Bratpfannen; Durchmesser (Juli 1931).
„ „ 4915 Kocher, Öfen, Bügeleisen (Juli 1931).

Alle Anfragen bezüglich Lieferung und Versand der Normblätter sind an die Beuth-Verlag G. m. b. H., Berlin S 14, Dresdener Straße 97, zu richten.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker

Berlin W 57, Kurfürstenstraße 15/16.

Betrifft: Installations-Selbstschalter.

Die nachstehend aufgeführten Installations-Selbstschalter entsprechen lt. Gutachten des Elektrischen Prüfamtes 3 in München den am 1. VII. 1930 in Kraft getretenen Leitsätzen des VDE für Installations-Selbstschalter.

Firma Voigt & Haeffner A G., Frankfurt a. M.:

Installations-Selbstschalter (Stöpselform) für 6 und 10 A, 250 V Gleichspannung, 380 V Wechselspannung, Form UPn.

Prüfzeit: Februar/Juli 1931.

Installations-Selbstschalter (Sockelform) für 15 A, 250 V Gleichspannung, 380 V Wechselspannung, Form UStb.

Prüfzeit: Juli 1931.

Die Apparate sind mit thermischer und elektromagnetischer Auslöse- sowie Freiauslöse-Einrichtung versehen. Die Stöpsel-Installations-Selbstschalter besitzen einen Einschalt- und gesonderten Ausschalt-Druckknopf, die Sockel-Installations-Selbstschalter einen Schaltknebel.

Firma Stotz-Kontakt G. m. b. H., Mannheim-Neckarau:

Installations-Selbstschalter (Stöpselform) für 15 A, 250 V Gleichspannung, 380 V Wechselspannung (Stotz-Automaten).

Prüfzeit: Juni/Juli 1931.

Die Apparate sind mit thermischer (verzögerter) und elektromagnetischer (unverzögerter) Auslöseeinrichtung, Freiauslöseeinrichtung sowie Einschalt- und besonderem Ausschalt-Druckknopf versehen.

Firma Leyhausen & Co., Nürnberg:

Installations-Selbstschalter (Sockelform) für 6...10 und 15 A, 250 V Gleichspannung, 380 V Wechselspannung, „Sursum", mit thermischer und elektromagnetischer Auslöse- und Freiauslöse-Einrichtung für rückwärtigen Anschluß durch Bolzen oder Rohreinführung.

Prüfzeit: Juli 1931.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.
P. Schirp.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

W. Vogel †.

Wilhelm Vogel ist am 21. II. 1866 in Potsdam geboren, besuchte dort das Realgymnasium bis zur Reife und studierte dann das Maschinenbaufach auf der T.H. Berlin, war Lehrer an der früheren Maschinentechnischen Fachschule zu Hagen i. Westfalen, dann Betriebs- und Montageinspektor beim Städt. Elektrizitätswerk Hannover. Darauf trat er in die Dienste der AEG und später von Schuckert & Co. Im September 1903 übernahm er die technische Leitung des neu gegründeten Oberschlesischen Überwachungs-Vereins für elektrische Anlagen in Zabrze (Hindenburg), der späteren Elektrotechnischen Abteilung des Oberschlesischen Überwachungs-Vereins in Kattowitz, seit dem Jahre 1922 wegen der Teilung Oberschlesiens mit dem Sitz in Gleiwitz. Diese Leitung hatte er bis zu seinem Tode inne.

Wie kein anderer, war Vogel für die Tätigkeit im Überwachungs-Verein, die seine Lebensarbeit werden sollte, geschaffen, nannte er doch ein bedeutendes Fachwissen, ein großes Organisationstalent, einen rastlosen Schaffenseifer und nicht zuletzt die Fähigkeit sein eigen, die ihm unterstellten Ingenieure in kollegialer Weise zu unermüdlicher Mitarbeit anzuspornen. Die ihm gestellte Aufgabe war nicht leicht. Galt es doch, die Grundlage für eine erstmalig einzuführende erfolgversprechende Elektroüberwachung zu schaffen und diese ständig weiterzuentwickeln.

Die Erfahrungen aus seiner Überwachungstätigkeit und die Nutzanwendungen hieraus wußte Vogel durch zahlreiche, überaus klar und verständlich gehaltene Aufsätze der ganzen Fachwelt Deutschlands zugänglich zu machen, die ihm bald den Ruf eines ausgezeichneten Fachmannes eintrugen. Man nahm gern und oft seinen Rat in Anspruch. Der Verband Deutscher Elektrotechniker sicherte sich seine Mitarbeit in den wichtigsten Kommissionen und Ausschüssen und verdankt ihm aus dem reichen Schatz seiner Erfahrungen zahlreiche Anregungen, die der gesamten Elektrotechnik zum Vorteil gereichten. Das Vertrauen seiner Fachgenossen in Oberschlesien berief ihn zum Vorsitzenden des Oberschlesischen Elektrotechnischen Vereins. Seine stets freudige und bejahende Lebensauffassung, gepaart mit echt menschlichem Mitempfinden und steter Hilfsbereitschaft, sein unbestechlicher Gerechtigkeitssinn machten ihn bei allen, mit denen er in Berührung kam, wert und geschätzt und warben ihm viele Freunde.

Ein friedlicher Lebensabend in Frankfurt a. Oder, wohin er in Kürze übersiedeln wollte, war ihm nicht mehr beschieden. Am 13. VII. 1931 erlag er in Bad Neuenahr, wo er zur Kur weilte, einem Herzleiden. Diesem hochverehrten kerndeutschen Mann ist ein bleibendes Andenken gewiß.

W. Vogel †.

W. Wedding. Am 15. VII. konnte Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. Wilhelm Wedding bei bester Gesundheit seinen 70. Geburtstag feiern. Während seiner Lehrtätigkeit als ordentlicher Professor der Elektrotechnik an der T. H. Berlin hat er sich u. a. als Vorstand des Beleuchtungstechnischen Laboratoriums hohe Verdienste um die Schöpfung und Entwicklung der Lichttechnik erworben. Die ETZ schätzt in Prof. Wedding einen langjährigen Mitarbeiter, der ihr seine Forschungen und Erfahrungen bis in die jüngste Zeit mannigfach zur Verfügung gestellt hat.

Auszeichnungen. — Herrn Carl Trettin, Oberingenieur der Siemens-Schuckertwerke, wurde von der T. H. Karlsruhe in Anerkennung seiner hervorragenden Verdienste um die Entwicklung großer Gleichstrommaschinen die Würde eines Dr.-Ing. E. h. verliehen.

BRIEFE AN DIE SCHRIFTLEITUNG.

(Der Abdruck eingehender Briefe erfolgt nach dem Ermessen der Schriftleitung und ohne deren Verbindlichkeit.)

Berechnung langer Hochspannungsleitungen.

Auf S. 609 der ETZ ist ein Bericht über eine Arbeit von J. SCHWARZKOPF in der El. u. Maschinenb. Bd. 48, S. 725, enthalten. Das Verfahren ist angeblich brauchbar bis 1000 km Leitungslänge. (Nicht gesagt, aber gemeint ist offenbar einfache Leitungslänge, d. i. also etwa 2 · 500 km Doppelleitung bei 500 km Streckenlänge.) Es soll laut Besprechung wegen der Vermeidung komplexer Ausdrücke besonders für Projektierungszwecke geeignet sein.

Die Leser der ETZ wird in diesem Zusammenhang ein Vergleich mit meiner Arbeit auf S. 1772 der ETZ 1930 und im Arch. El. Bd. 24, H. 2, S. 216, interessieren. Wenn man, wie SCHWARZKOPF, bloß die Linie (ohne die Transformatoren) behandelt, so vereinfachen sich meine Koeffizientenformeln (9), (10) in der ETZ (s. o.) wie folgt:

$$A \approx C \approx 1 - \frac{S_{lr}}{2\,S_{ln}} + \frac{S_{lr}^2}{24\,S_{ln}^2}, \quad B \approx D \approx \frac{R_{lr}}{2\,S_{ln}}$$

$$\mathfrak{R}_r \approx R_{lr}\left(1 - \frac{S_{lr}}{3\,S_{ln}}\right), \quad \mathfrak{S}_r \approx S_{lr} - \frac{1}{6\,S_{ln}}\left(S_{lr}^2 - R_{lr}^2\right)$$

$$\mathfrak{R}_n^{-1} \approx \frac{1}{R_{ln}} - \frac{R_{lr}}{6\,S_{ln}^2}, \quad \mathfrak{S}_n^{-1} \approx \frac{1}{S_{ln}} - \frac{S_{lr}}{6\,S_{ln}^2}.$$

Meine Widerstandswerte $\mathfrak{R}_r$ und $\mathfrak{S}_r$ sind die gleichen wie die Werte $x\,R\,k_R$ und $x\,\omega\,L\,k_L$ bei SCHWARZKOPF. Da SCHWARZKOPF sich nicht wie ich der Grundgleichungen direkt bedient, sondern zur bekannten Π-Ersatzschaltung der Linie übergeht, haben bei mir die Nebenschlußleitwerte $\mathfrak{S}_n^{-1}$, $\mathfrak{R}_n^{-1}$ andere (aber ebenso einfache) Formeln als die Werte $x\,\omega\,C\,k_C$, $x\,A\,k_A$ bei ihm. Aus dem gleichen Grunde kommen nur bei mir die dimensionslosen skalaren Koeffizienten A, B, C, D, dagegen nur bei ihm die komplexen Quotienten $z_1 : z_2 = z_1 : z_3$ vor, die durch die annähernde Aufteilung des gesamten Kapazitätstromes in je eine Komponente am Linienanfang und -ende wieder umgangen werden.

Der Vergleich ergibt nun folgendes:

1. SCWARZKOPF verfährt nicht einfacher als ich, obwohl er erst eine Ersatzschaltung zu Hilfe nimmt. Die Bestimmung des cos φ am Linienanfang in seinem Betriebsdiagramm (3) erfordert eine Kreisschar mit verschiedenen umständlich erreichbaren Mittelpunkten, während bei mir die Ermittlung des (mit φ bei ihm) identischen Winkels φ_1 keinerlei Hilfskonstruktionen bedarf. Das für jeden Belastungsgrad zu erneuernde Verfahren nach seinem Diagramm (2) kann im allgemeinen nicht hinreichend genaue Ergebnisse liefern[1]. Beträge von der Größenordnung der (in zwei Komponenten gespaltenen) Ableitungsverluste lassen sich nicht mehr hinreichend genau erfassen, bei der Wirkungsgradbestimmung sind sie aber keineswegs vernachlässigbar. Sie können u. U. so viel und mehr ausmachen als die Gesamtverluste der Transformatoren einer Umspannstation oder doch ein erhebliches Vielfaches der für Transformatoren üblichen Verlusttoleranz.

2. Hinreichende Genauigkeit des graphischen Verfahrens erfordert gerastertes Papier oder außergewöhnlich große Zeichenfläche und große und präzise Zeichengeräte. P. Neumann verwendete für sein Diagramm in der ETZ 1929, S. 496, einen 2 m (!) langen Stangenzirkel. Im Falle der Ermangelung solcher Hilfsmittel dient das von mir zusätzlich angegebene graphische Verfahren, geeignet insbesondere für Projektierungszwecke, also für die einfache Ermittlung der möglichst genauen Werte einiger Belastungsgrade.

3. Die Angabe, daß SCHWARZKOPF die komplexe Schreibweise vermeidet, trifft nicht zu. Wenn man schließlich (wie er) die komplexen Gleichungen in ihre zur Bezugsrichtung parallelen und senkrechten annähernden Komponenten auflöst und diese gesondert anschreibt und dann graphisch weiter verfährt (wie auch ich), so braucht man natürlich kein j-Zeichen mehr. Das ist bei jeder Methode so, ist aber kein Vorteil. Ich glaube vielmehr, daß gerade meine streng richtigen vollständigen und mit den Grundgleichungen übereinstimmenden Gleichungsformen (7, 8, 11, 12) und mein damit in vollem Einklang stehendes Diagramm auch einen nicht zu unterschätzenden allgemein orientierenden Wert haben.

4. Meine Arbeit hat aber weitergehende Zwecke. Wenn irgend etwas dem Projektierenden nicht oder nicht leicht verständlich ist, so sind es die komplexen hyperbolischen Gleichungen und nicht etwa das j-Zeichen in den Endausdrücken. Darum bemühte ich mich u. a. um eine einfache Ableitung der Grundgleichungen bzw. um eine direkte Ableitung der Reihen aus der Binomialtafel der gewöhnlichen Analysis. SCHWARZKOPF dagegen setzt die Grundgleichungen bzw. ihre Ableitung als bekannt voraus, wie es auch andere Verfasser tun.

5. Weiterhin war es vor allem das Ziel meiner Arbeit, die Transformatorenstationen am Anfang und Ende der Linie in die Gleichungen und in ein einziges genaues Diagramm mit (für Projektierungszwecke erforderlichem) großem Maßstab methodisch einzuschließen. Man kann mit Vorteil bei mir auch noch die Generatorenstation leicht einbeziehen, beispielsweise um die Stabilitätsbedingungen oder den Kurzschlußstrom zwischen entfernten parallel arbeitenden Anlagen durch eine einzige genaue Gleichung zu erfassen.

6. Die allgemeine Koeffizientengleichung (13) bei mir ist gewiß auch ein Vorteil, nicht nur theoretisch sondern auch praktisch. Man kann sich ihrer praktisch bedienen, um die Richtigkeit der errechneten Koeffizientenwerte einer Gesamtanlage zu überprüfen. In meinem Beispiel muß sein:

$$1 \approx (0{,}8775 - j\,0{,}05)\,(0{,}7485 - j\,0{,}062) - (35{,}12 - j\,135{,}1) \times (15\,.\,10^{-6} - j\,2{,}55\,.\,10^{-3}),$$

was in der Tat zutrifft.

[1] Siehe a. Burger, Berechnung von Drehstrom-Kraftübertragungen (Verlag Julius Springer, Berlin), S. 2, Bemerkungen über den Zweck von Diagrammen (mit normalem Maßstab).

Wie ich bei dieser Gelegenheit bemerkte, enthält meine Arbeit ein paar Zeichenfehler. In der 4. Spalte der Zahlentafel 1 soll es heißen: $I_n z_r^2 z_n^{-1}$ und $U_n z_n^{-2} z_r$. Es sind die Zeiger n bei z_n weggelassen. Ferner fehlt in den letzten zwei Zeilen des Abschnittes B auf S. 1774, Spalte 2, der Exponent — 1 bei $\mathfrak{R}_n^{-1}$ und bei $\mathfrak{S}_n^{-1}$ in $\mathfrak{R}_n^{-1} = R_n^{-1}$ und $\mathfrak{S}_n^{-1} = S_n^{-1}$.

F. Pinter, Wien.

LITERATUR.

Besprechungen.

Fahrzeit, Motorleistung und Wattstundenverbrauch bei Straßen- und Stadtschnellbahnen. Allgemeingültige Schaulinien f. d. Projektierung. Von Dr.-Ing. H. Voigtländer. Mit 17 Textabb., VIII u. 64 S. in gr. 8⁰. Verlag Julius Springer, Berlin 1931. Preis 8,50 RM.

Die sehr interessante Arbeit ist offenbar die ergänzte und erweiterte Zusammenstellung einer Reihe von Arbeiten des Verfassers auf dem Gebiete der Projektierung elektrischer Bahnen, ausgehend von der Doktor-Dissertation[1]. Das Suchen nach einem Ermittelungsverfahren mit Allgemeingültigkeit, das wohl schon jeden Spezialingenieur bei seiner schwierigen und vor allem zeitraubenden und langwierigen Arbeit überkommen ist, hat den Verfasser zu einem Arbeitsverfahren geführt, welches er „Prozentverfahren" nennt, und das also von einer Einheitscharakteristik ausgeht. In sehr ausführlichen Darlegungen und Formelentwicklungen wird versucht, in die recht verwickelten Grundbedingungen für den Aufbau des Fahrdiagramms Klarheit zu bringen und Aufschlüsse zu geben, die besonders dem tiefer schürfenden Ingenieur von großem Wert sein müssen. Das wird auch dazu dienen können, im Wettbewerb mit den anderen Verkehrsmitteln den elektrisch betriebenen Bahnen, auch den Straßenbahnen, Rüstzeug an die Hand zu geben, um veraltete Anschauungen, darunter auch behördliche Bestimmungen, auszuräumen bzw. auf einen neuzeitlichen Stand zu bringen. Dabei darf aber der Verfasser nicht annehmen, daß eine Bremsverzögerung von 0,7 n/s^2 heute etwa als die normale gilt, damit würden wir nicht weiterkommen; wir sind darüber doch wesentlich hinaus! Es würde m. E. sehr vorteilhaft sein und den Wert des Werkes heben, wenn, besonders für den in der Praxis, d. h. im Bahnbetriebe tätigen Ingenieur, an Hand von Beispielen eine Durchrechnung erfolgen würde, um die manchmal recht trocken wirkenden Formelreihen etwas zu beleben. Uhlig.

Die Schädigungen des Nervensystems durch technische Elektrizität. (Mit Bemerkungen über den Tod durch Elektrizität.) Von Dr. F. Panse. Sonderausg. v. H. 59 der „Abhandlungen aus der Neurologie, Psychiatrie, Psychologie u. ihren Grenzgebieten". Mit 12 Abb. i. Text u. 155 S. in gr. 8⁰. Verlag S. Karger, Berlin NW 6, 1930. Preis geh. 14 RM.

Zum ersten Male sind die Schädigungen des Nervensystems durch technische Elektrizität von einem Neurologen zusammengestellt worden. Mit außerordentlichem Fleiß und bewundernswerter Geschicklichkeit hat Panse die Fälle bearbeitet, aber auch der technischen Seite das erforderliche Interesse gewidmet. Es ergibt sich, daß wir über die Schädigungen außerordentlich wenig Bescheid wissen, daß die Folgen des elektrischen Unfalles sehr mannigfach sein können, und daß uns die Ursachen des elektrischen Stromtodes unbekannt sind. Das Buch bedeutet ein Standardwerk des einschlägigen Problems.

Erich Schilf, Berlin.

Die Ölbewirtschaftung. Betriebsanweisung f. Prüfung, Überwachung u. Pflege der Isolier- u. Dampfturbinenöle. Herausg. v. d. Vereinigung der Elektrizitätswerke E. V. in Zusammenarbeit mit der Gemeinschaftsstelle Schmiermittel des Vereins deutscher Eisenhüttenleute. Verlag der Vereinigung der Elektrizitätswerke E. V., Berlin 1930. Mit einem Anhang: Bezugsquellenverzeichnis. 22 Abb. i. Text, IX u. 138 S. in 8⁰. 1 Farbtafel, 1 Tafel. Preis geb. 5 RM.

Als Zweck des Buches wird bekanntgegeben: die Ergebnisse der wissenschaftlichen Erforschung der Öleigenschaften der Praxis zwecks Erprobung zur Verfügung zu stellen, das Verständnis des Betriebsmannes für die Pflege der Öle zu wecken und eine zweckmäßige Organisation zur Überwachung der Öle im Betrieb zu schaffen, ferner dem Leser einen Einblick in die tieferen Zusammenhänge zwischen Öleigenschaften und Betriebseinflüssen zu vermitteln. Im Interesse einer weitgehenden Vereinheitlichung der Prüfverfahren wurden neben den Isolierölen auch die Dampfturbinenöle in die Betrachtung einbezogen und so der ganze Fragenkomplex der Ölwirtschaft von einem einheitlichen Gesichtspunkt behandelt. Das Ziel ist weit gesteckt angesichts der Kompliziertheit der Materie, die kaum ein anderes Teilgebiet der Materialprüfung und Bewirtschaftung aufweist.

Der reiche Inhalt des Buches, der hier nur kurz angedeutet werden kann, gliedert sich in fünf Kapitel:

1. Allgemeines über Transformatoren-, Schalter- und Dampfturbinenöle.
2. Die Prüfverfahren für Transformatoren-, Schalter- und Dampfturbinenöle.
3. Die Überwachung der Öle im Betrieb.
4. Die Behandlung der Öle.
5. Verzeichnisse für Geräte, Chemikalien, Literatur.

Ein Anhang enthält eine Tafel für die Ölprüfungen, und, was besonders zu begrüßen ist, eine Farbtafel, die eine objektive Beurteilung der Farbe der Öle sichert. Ein Bezugsquellenverzeichnis, das zwar keinen Anspruch auf Vollständigkeit macht, wird in vielen Fällen gute Dienste leisten.

Die Arbeit verläßt nie den gesunden Boden der Wirklichkeit und gibt nur Methoden und Verfahren, die sich genügend lange Zeit bewährt haben. Das Buch ist ein wertvoller Führer und Ratgeber für jeden Betriebsfachmann Wer sich den Inhalt zu eigen gemacht hat, ist in der Lage, seinen Betrieb, in dessen Ölvorräten bedeutende Kapitalien investiert sind, sparsam und störungsfrei zu führen, und noch mehr kann er, wenn sein Blick durch eigene Beobachtungen geschärft ist, zur Aufklärung und zum Fortschritt der Wissenschaft beitragen. Die großen Gesichtspunkte der Arbeit sind keineswegs auf das spezielle Gebiet beschränkt, sondern können mit Nutzen auch Anwendung auf andere Gebiete der Materialprüfung und Bewirtschaftung finden. Georg Duffing.

Freytags Hilfsbuch für den Maschinenbau für Maschinening. sowie f. den Unterricht an techn. Lehranstalten. Herausg. v. Prof. P. Gerlach unt. Mitarb. v. zahlr. Fachgenossen. 8., teilweise vollst. umgearb. Aufl. Mit 2673 Abb. i. Text u. 4 Konstruktionstaf., XII u. 1562 S. in 8⁰. Verlag Julius Springer, Berlin 1930. Preis geb. 24 RM.

Bei der gegenwärtigen Wirtschaftskrise auch auf dem Büchermarkt, der überdies mit Hilfs- und Taschenbüchern für den Maschinenbau schon reichlich versehen ist, spricht die Tatsache der vorliegenden 8. Auflage des „Freytag" von vornherein für die besondere Brauchbarkeit von Anordnung und Inhalt, während der Verlag für die Qualität der Aufmachung bürgt. Der Inhalt des — trotz mehr als 1½ tausend Seiten mit über 2½ tausend Abbildungen noch leicht handlichen — Buches umfaßt nach einleitender Behandlung der mathematischen und mechanischen Grundlagen die wichtigsten Teilgebiete des Maschinenbaues sowie einen Abriß der Elektrotechnik (Physikalische Grundlagen — Elektrische Maschinen — Elektromotoren). Dabei haben außer den technischen Fortschritten (vor allem bei den Dampferzeugern und den Wasserkraftmaschinen) auch die Festsetzungen des Dinormen-Ausschusses weitgehende Berücksichtigung erfahren. So wird das ungemein gehaltvolle Buch in seiner neuesten zeitgemäßen Umarbeitung seinen Zweck, hauptsächlich dem angehenden Berechnungsingenieur ein verläßlicher Anhalt zu sein, besonders leicht und gut erfüllen können und dadurch zu seinen vielen bisherigen Freunden sicher noch neue gewinnen. C. Michenfelder

Eingegangene Doktordissertationen:

Martti Paavola, Über die Stoßionisation der Elektronen in Luft von Atmosphärendruck. T. H. Aachen 1931. (Der 1. Teil erschien auch im „Arch. El." 1929, Bd. 22, H. 4—5.)

Adolf Pöhner, Das Reibungsgleichgewicht eines 3achsigen Lenkachseisenbahnwagens, dessen Endachsen von der seitenverschieblichen Mittelachse gesteuert werden. T. H. Aachen 1930.

Heinrich Viehmann, Überspannung und Funkenverzögerung beim Durchschlag von Luft, untersucht mit dem Kathodenoszillographen. T. H. Aachen 1930. (Sonderdr. aus Arch. El. 1931, Bd. 25, H. 4.)

Heinrich Wintsch, Über Dielektrizitätskonstante, Widerstand und Phasenwinkel des Eises. T. H. Zürich 1930.

[1] S. ETZ 1929, S. 561 u. S. 1717.

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Metallpreise im 2. Vierteljahr 1931[1]. — Das 2. Vierteljahr ist durch neue Rekordtiefkurse gekennzeichnet (Abb. 1). An seinem Ende führte die Hoover-Botschaft zu erheblichen Kursaufbesserungen.

Kupfer: In den ersten 2½ Monaten der Berichtszeit setzte das Kupferkartell seinen Exportpreis in neun Stufen von 10,30 cts/lb Ende März bis auf 8,275 cts am 18. VI. herab. Die infolge verringerter Nachfrage steigenden Vorräte in Raffinadekupfer drückten derart auf den Markt, daß es dem Kartell nicht möglich war, den an sich schon niedrigen Preis zu halten. Das Angebot der Lohnhütten und der zweiten Hand zwang es vielmehr zur Anpassung an die Marktlage, die teils zögernd teils auch sofort erfolgte. Der dem Kartellpreis vom 18. VI. entsprechende Standardpreis in London betrug 33⅝ £, eine Notierung wie sie 1780 nicht erreicht worden ist. Wesentlich bestimmt wurde der Preisverfall durch das negative Ergebnis der Ende Mai in New York abgehaltenen Konferenz der Kupferproduzenten, bei der es sich um eine weitere Einschränkung der Erzeugung und Finanzierung der Bestände gehandelt haben soll. Die Lage änderte sich dann mit einem Schlage, als Präsident Hoover seine Botschaft verkünden ließ. Es machte sich eine lebhafte Kauftätigkeit bemerkbar, so daß die in bekannter Weise vom Kartell den europäischen Verkaufstellen nur knapp zugeteilten Mengen schnellstens verkauft waren und künstlich eine dauernde dringende Nachfrage bestand, die das Kartell veranlaßte, seine Preise viermal rasch hintereinander zu erhöhen. Am Monatsende betrug der Kartellpreis 9,275 cts.

Zinn: Gerüchte über Uneinigkeit bei der Durchführung des Quotenschemas und weiter steigende Vorräte führten einen neuen Preissturz herbei mit kurzer Unterbrechung infolge optimistischer Bewertung der Produzentenkonferenz im Haag Mitte Mai, die eine weitere Einschränkung um 20 000 t vorschlug. Der Widerstand besonders der Malayenstaaten gegen diesen Plan fand aber seinen Ausdruck in der Fortsetzung des Kursverfalls bis auf 100⅜ £/ton. Auch die Pariser Konferenz von Mitte Juni gab nur vorübergehend Haussetendenzen den Vortritt; der negative Verlauf ließ den Zinnkurs wieder fallen. Die Hoover-Botschaft wirkte dann auch auf Zinn stark preissteigernd (Kursgewinn etwa 18 £).

Blei und Zink: Bis Anfang Juni setzten beide Metalle ihre Abwärtsbewegung infolge der ungünstigen Marktlage fort. Erst Mitte Juni zogen die Kurse wieder an, besonders bei Zink auf die Besprechungen am 11. VI. in Brüssel hin, die Fortschritte in der Kartellierung und der geplanten Produktionseinschränkung brachten. Beachtlich ist, daß zeitweise die Zinknotierungen über den Bleinotierungen lagen.

Quecksilber: Am 1. VI. setzte das Spanisch-Italienische Quecksilber-Kartell den offiziellen Verkaufspreis von 21,75 £ auf 16,75 £/Flasche herab. Die hohe Notierung von 21,75 £ war fast zwei Jahre in Kraft gewesen und hatte zusammen mit der Wirtschaftskrise zu einem starken Verbrauchsrückgang und großen Vorräten geführt, die die Veranlassung zu der scharfen Ermäßigung um 23 % gaben.

Aluminium, Nickel: Die Preise blieben unverändert.

[1] Vgl. ETZ 1930, S. 1088; 1931, S. 624.

Die Vorräte sind überall trotz Verringerung der Produktion gestiegen, besonders stark bei Blei. *Lw.*

Abb. 1. Metallpreise im 2. Vierteljahr 1931.
Aluminium: 98/99%, Blöckchen — Elektrolytkupfer: Delnotiz, Berlin — Zinn: per Kasse, London — Zink: nahe Sichten, London — Blei: nahe Sichten, London — Quecksilber: in £/Flasche zu 70/80 lbs, Hamburg.

Metall	Sichtbare Vorräte am Monatsende				Weltproduktion			
	Januar 1929	März 1931	April 1931	Mai 1931	Jahresdurchschnitt 1929	März 1931	April 1931	Mai 1931
Kupfer (sh. tons)	—	—	—	—	178 000	137 000	128 900	130 500
Raffinade (Nord- und Südamerika)	62 700	354 200	367 900	398 700	—	—	—	—
Blister (Nord- und Südamerika)	119 000	198 800	193 900	190 600	—	—	—	—
Blei (sh. tons)	—	—	—	—	160 500	145 500	131 900	123 300
Raffinade in den V. S. Amerika	35 000	130 400	133 500	142 400	—	—	—	—
Zink (sh. tons)	—	—	—	—	135 100	97 500	89 600	86 200
Roh in den V. S. Amerika	45 900	141 500	143 200	143 000	—	—	—	—
Roh in Großbritannien	2 000	15 800	17 200	20 700	—	—	—	—
Zinn (t)	—	—	—	—	—	—	—	—
Weltvorräte	23 700	47 700	48 100	51 100	—	—	—	—

Preisindexziffer der „Metallwirtschaft".

1909/13 = 100	März	April	Mai	24. Juni
	1931 Monatsdurchschnitt			
Gesamtindex	75,6	72,2	68,2	68,6
Kupfer	73,9	70,8	65,9	62,5
Blei	82,8	78,1	72,7	79,7
Zink	51,3	47,7	44,1	53,4
Zinn	67,4	60,2	58,0	58,8
Aluminium	118,1	118,1	118,1	118,1
Nickel	107,7	107,7	107,7	107,7
Antimon	80,3	78,1	77,5	76,2

Bezugsquellenverzeichnis.

Frage 25: Wer stellt buntlackierte Bleche (Kristallbleche) für Taschenlampenhülsen her?

Frage 26: Wer stellt elektrische Rasierapparate her?

Abschluß des Heftes: 1. August 1931.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 16 750 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

ETZ

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

INHALT

33. HEFT · 52. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9
(1049—1076)
13. AUGUST 1931

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

52. Jahrgang | Berlin, 13. August 1931 | Heft 33

Bemerkungen zu den neuen Vorschriften für Elektrowärme- und Handgeräte.

Von A. Molly, Oberingenieur beim VDE.

Für elektrische Koch- und Heizgeräte hat der Verband Deutscher Elektrotechniker erstmalig im Jahre 1912 Vorschriften aufgestellt; die zweite Fassung dieser Vorschriften erschien 1914, die dritte 1920. Die im Jahre 1924 als vierte Fassung herausgegebenen „Vorschriften für elektrische Heizgeräte und elektrische Heizeinrichtungen V.E.Hz." traten am 1. Januar 1925 in Kraft und gelten noch heute. Sie wurden 1929 durch Sonderbestimmungen über Heizgeräte für Haarbehandlung ergänzt.

Auf dem Gebiete der Handgeräte (hierzu gehören: Staubsauger, Fächer, Luftduschen und dergl.) wurden 1926 „Vorschriften für Handgeräte mit Kleinstmotoren" mit Gültigkeit ab 1. Januar 1927 veröffentlicht, die 1929 geändert wurden.

Der VDE hat ferner 1926 noch herausgegeben:
„Vorschriften für elektrisches Spielzeug",
„Vorschriften für elektrische Gas- und Feueranzünder" und
„Vorschriften für elektrische Fanggeräte".

Diese drei letztgenannten Vorschriften wurden jedoch 1930 außer Kraft gesetzt. Die „Vorschriften für elektrisches Spielzeug" sind entbehrlich geworden, da in den neuen Errichtungsvorschriften (Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebsspannungen unter 1000 V, V.E.S. 1/1930, § 15 e) für Spielzeug als höchste Betriebsspannung nur 24 V vorgesehen ist. Für die auch mit Spannungen über 24 V zulässigen Spielzeug-Koch- und -Heizgeräte wurden mit Gültigkeit vom 1. Januar 1930 besondere „Vorschriften für elektrisch beheiztes Spielzeug" herausgegeben.

Für elektrische Gas- und Feueranzünder sowie Fanggeräte sind besondere Vorschriften ebenfalls nicht mehr notwendig, da die grundlegenden Bestimmungen für derartige Geräte in § 15 der V.E.S. 1 enthalten sind.

Auf dem Gebiet der Handgeräte gibt es weiter noch die
„Vorschriften für Christbaumbeleuchtungen",
„Vorschriften für die elektrische Ausrüstung von Stehlampen (Stehleuchter)" und die
„Vorschriften für die elektrische Ausrüstung von Beleuchtungskörpern für Spannungen bis 250 V".

Außerdem hat der VDE u. a. auch noch Regeln für den Bau und die Prüfung von Hochfrequenz-Heilgeräten sowie Vorschriften für Elektrowerkzeuge herausgegeben.

Die Fortschritte der Technik, insbesondere aber die Erfahrungen der Prüfstelle des VDE bei der Prüfung von Elektrowärmegeräten und Handgeräten sowie die Herausgabe der neuen V.E.S 1/1930 bedingten eine Umarbeitung der einzelnen Vorschriften. Ferner machte sich das Bedürfnis geltend, auch Sonderbestimmungen für elektromedizinische Netzanschlußgeräte aufzustellen, die Bestimmungen über Gerätesteckvorrichtungen zu erweitern, sowie das Gebiet der Geräteschalter, Temperaturregler und Temperaturbegrenzer durch Vorschriften mehr als bisher zu erfassen.

Für Elektrowärmegeräte, Handgeräte und deren Zubehörteile werden mithin künftig folgende Arbeiten gelten:

a) Bestimmungen, die bereits in Kraft sind:
1. „Vorschriften für Christbaumbeleuchtungen" (gültig ab 1. Dezember 1928).

b) Bestimmungen, die von der Jahresversammlung 1931 angenommen sind:
2. „Vorschriften für Elektrowärmegeräte für Spannungen bis 250 V gegen Erde V.W.G./1933" (gültig ab 1. Januar 1933) (in diesen Vorschriften sind die bisherigen Sonderbestimmungen für elektrisch beheiztes Spielzeug sowie für Geräte für Haarbehandlung aufgenommen),
3. „Vorschriften für Geräte mit Kleinstmotoren V.G.K.M./1933" (gültig ab 1. Januar 1933),
4. „Vorschriften für elektromedizinische Netzanschlußgeräte zur Galvanisation, Faradisation, Sinusstrombehandlung, Glühkaustik und Endoskopie V.E.Med./1933" (gültig ab 1. Januar 1933),
5. „Vorschriften für zweipolige Gerätesteckdosen 10 A, 250 V mit Schutzkontakt" (gültig ab 1. Januar 1933),
6. „Vorschriften für Geräteschalter" (gültig ab 1. Januar 1933) (in dieser Arbeit sind die bisherigen „Vorschriften für Geräte-Einbauschalter" aufgenommen),
7. „Leitsätze für Temperaturregler und Temperaturbegrenzer" (gültig ab 1. Januar 1933),
8. „Vorschriften für elektrische Beleuchtungskörper für Nennspannungen bis 250 V" (gültig ab 1. Juli 1931). Diese Arbeit umfaßt die „Vorschriften für die elektrische Ausrüstung von Stehlampen (Stehleuchter)", (diese Vorschriften gelten sinngemäß auch für Leuchtkörper, sowie für Flüssigkeitsverdunster und ähnliche Geräte), sowie die „Vorschriften für die elektrische Ausrüstung von Beleuchtungskörpern für Spannungen bis 250 V".

c) Bestimmungen, die zur Zeit noch nicht abgeschlossen vorliegen:
9. „Vorschriften für zweipolige Gerätesteckvorrichtungen und Geräteanschlußschnüre 10 A 250 V für Hand- und Elektrowärmegeräte".

d) Von den zur Zeit noch gültigen VDE-Vorschriften werden nach Inkrafttreten der unter b) aufgeführten Arbeiten außer Kraft gesetzt:
„Vorschriften für elektrische Heizgeräte und elektrische Heizeinrichtungen V.E.Hz./1925".
„Sonderbestimmungen für elektrisch beheiztes Spielzeug",
„Vorschriften für Geräte mit Kleinstmotoren V.G.K.M./1930",
„Vorschriften für Geräte-Einbauschalter",
„Vorschriften für die elektrische Ausrüstung von Stehlampen (Stehleuchter)",
„Vorschriften für die elektrische Ausrüstung von Beleuchtungskörpern für Spannungen bis 250 V".

Allgemein ist zu bemerken, daß die neuen Arbeiten, die von der Jahresversammlung 1931 angenommen worden sind, den Forderungen der neuen Errichtungsvorschriften (V.E.S. 1) angepaßt sind. Gleichzeitig bringen sie aber noch eine Reihe neuer wichtiger Forderungen, die zunächst für den Hersteller von großer Bedeutung sind.

Die neuen Vorschriften 2 ... 7 und 9 sollen am 1. Januar 1933 in Kraft treten.

Dieser Termin, der für die Herstellung gilt, besagt, daß vom 1. Januar 1933 ab die Prüfstelle zwecks Erteilung des VDE-Zeichens die Innehaltung aller Forderungen der neuen Vorschriften verlangen muß.

Mit Rücksicht auf vorhandene Geräte und zur Räumung der Lagervorräte ist jedoch in den neuen Vorschriften festgelegt, daß vorhandene Erzeugnisse nach den zuletzt gültigen Konstruktions- und Prüfvorschriften

zulässig bleiben, wenn sie nicht gegen die zur Zeit der Inbetriebnahme geltenden Errichtungsvorschriften V.E.S. 1 verstoßen.

Die unter 8 aufgeführten „Vorschriften für elektrische Beleuchtungskörper für Nennspannungen bis 250 V" sind bereits am 1. Juli 1931 in Kraft getreten, da diese neue Arbeit nur eine Zusammenlegung der bisher für Stehlampen und Beleuchtungskörper getrennt herausgegebenen Bestimmungen ist.

Besonders zu erwähnen ist noch, daß die Bestimmungen für elektrisch beheiztes Spielzeug und für Heizgeräte für Haarbehandlung, die in den V.W.G. jetzt aufgenommen sind, bereits am 1. Januar 1930 in Kraft getreten sind.

Allgemeine Bestimmungen.

Die grundlegenden Bestimmungen für den Bau von Elektrowärmegeräten und Geräten mit Kleinstmotoren sind nahezu übereinstimmend.

Der Geltungsbereich der beiden Arbeiten ist künftig auf Geräte mit Betriebspannungen bis 250 V gegen Erde beschränkt.

Durch die neuen Vorschriften werden erfaßt:

Elektrisch beheizte Haushaltgeräte und gewerbliche Kleingeräte, sowie

ortsveränderliche Geräte mit einem Kleinstmotor (Nennleistung bis 500 W einschließlich), die vorwiegend für die Verwendung im Haushalt bestimmt sind und bei denen der Kleinstmotor die konstruktive Grundlage des ganzen Gerätes bildet (z. B. Staubsauger, Tischfächer, Massagegeräte, Luftduschen, Haarschneidemaschinen).

Die bisherigen Begriffserklärungen sind u. a. in bezug auf den Begriff „Luftstrecke" vervollständigt worden. Während bisher nur Mindestmaße für die Kriechstrecken festgelegt waren, wird künftig auch die Einhaltung bestimmter Maße für die Luftstrecken gefordert, und zwar zwischen Spannung führenden Teilen untereinander oder zwischen Spannung führenden Teilen und solchen leitenden Teilen, die mit Erde in Verbindung stehen oder in Berührung kommen können. Derartige Bestimmungen über Luftstrecken sind auch bereits auf anderen Gebieten, z. B. für Installationsmaterial und Schaltgeräte, eingeführt.

Die Maße für die Luftstrecke zwischen Teilen verschiedener Polarität sind für die Spannungen 250 und 380 V mit 3 mm und zwischen Spannung führenden Teilen und nicht isolierten Gehäuseteilen oder der Wand (Erde) mit 4 mm festgelegt.

Für Elektrowärmegeräte, bei denen — sofern die Spannung gegen Erde 250 V nicht überschreitet — auch 440 und 500 V zulässig sind, sollen die Luftstrecken zwischen Teilen verschiedener Polarität das Maß von 8 mm nicht unterschreiten.

Die in den z. Z. noch gültigen Vorschriften enthaltenen Begriffserklärungen „feuersicher, wärmesicher, feuchtigkeitsicher" sind in Fortfall gekommen, da eine Prüfung auf Feuer-, Wärme- und Feuchtigkeitsicherheit der Einzelteile von Geräten nicht vorgesehen ist. Wenn ein Gerät allen sonstigen Prüfbestimmungen entspricht, erscheint es nicht notwendig, noch Sonderprüfungen der Einzelteile in bezug auf die vorstehend erwähnten Eigenschaften vorzunehmen.

Die neuen Vorschriften weisen in bezug auf die Spannung und den Spannungsbereich gegenüber den bisherigen Bestimmungen einige Änderungen hinsichtlich des Verhaltens der Geräte bei Spannungsabweichungen auf. So wird verlangt, daß alle Geräte eine Abweichung von der Nennspannung von ± 5 %, bei Angabe eines Spannungsbereiches eine Abweichung von + 5 % der oberen Spannungsgrenze dauernd aushalten müssen, ohne gebrauchsunfähig zu werden.

Die bisher in den Vorschriften in verschiedenen Paragraphen stehenden Bestimmungen über Schutz gegen zufällige Berührung, Erdung und dergl. sind in dem neuen Wortlaut der Vorschriften als besonderer Abschnitt „Schutzmaßnahmen" zusammengefaßt. Da bei der Fabrikation nicht vorauszusehen ist, ob die Geräte später in feuchten oder anderen besonders gefährdeten Räumen verwendet werden, muß künftig an jedem Gerät — falls nicht das Schutzmittel der Kleinspannung oder der Isolierung angewendet wird — die Möglichkeit einer Erdung, Nullung oder Schutzschaltung vorgesehen sein. Hierzu muß an der Anschlußstelle für die fest angeschlossene Zuleitung eine Anschlußschraube für die in der Zuleitung liegende Schutzleitung vorhanden sein. Erfolgt der Anschluß der Geräte mit einer Gerätesteckvorrichtung, so tritt an Stelle der vorerwähnten Anschlußschraube der Schutzkragen des Gerätesteckers.

Alle der Berührung zugänglichen nicht Spannung führenden Metallteile der Geräte, die unmittelbar Spannung annehmen können — hierzu gehören auch die Schutzspiralen bei festen Anschlußschnüren —, müssen natürlich miteinander und mit der Anschlußschraube für die Schutzleitung bzw. mit dem Schutzkragen des Gerätesteckers leitend verbunden sein.

Neu ist die Forderung, daß alle Abdeckungen nur mittels Werkzeugen abnehmbar sein dürfen, sofern nicht durch die Eigentümlichkeit der Bauart Gewähr gegen unbeabsichtigte Entfernung gegeben ist.

Entsprechend den Forderungen in den „Vorschriften für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial bis 750 V Nennspannung K. P. I." sind die Bestimmungen über die Zugentlastung geändert worden. Der Zugentlastungsvorrichtung wurde bisher von den Herstellern vielfach wenig Beachtung geschenkt; anderseits aber wurde die Zugentlastung bei nachträglichem Anbringen der Zuleitung nicht ausgeführt, so daß die Adern der Zuleitung im fertig montierten Zustande nicht von Zug entlastet sind. Um hierin eine Besserung herbeizuführen wird jetzt verlangt, daß es z. B. beim Auswechseln von Anschlußleitungen leicht verständlich sein muß, wie eine Zugentlastung herzustellen ist. Verboten ist das Verknoten der Leitungen in sich und das Festbinden der Leitungen mit Bindfaden, Schnüren oder dergl. an Geräteteile.

Vollständig neu sind die sehr eingehenden Bestimmungen über den An- und Einbau von Schaltern. Wichtig ist die Forderung, Schalter so anzubringen, daß sie möglichst geringer Erwärmung ausgesetzt sind. Sind am Schaltmechanismus und an den den Stromschluß bewirkenden Teilen bei einer Raumtemperatur von 20 ° im betriebswarmen Zustand des Gerätes Übertemperaturen von mehr als 40 ° zu erwarten, so sind hierfür besonders geeignete Schalter zu verwenden.

Nähere Angaben hierüber sind in den späteren Ausführungen über die Geräteschalter enthalten.

Die gefährlichste und am meisten zu Störungen Anlaß gebende Stelle der ortsveränderlichen Geräte ist die Anschlußstelle der Zuleitung am Gerät, und zwar sowohl bei fest angeschlossener Zuleitung als auch bei Verwendung einer Gerätesteckvorrichtung.

Bei der Benutzung von Geräten tritt oft wenige cm vor der Einführungstelle durch Knicke ein Bruch in der Leitung auf. Hinzu kommt bei den Elektrowärmegeräten die Erwärmung der Anschlußstelle durch Wärmeübertragung vom Gerät aus, wodurch die Gummiisolation der Zuleitung leicht brüchig wird und die auch dazu führt, daß an den Kontaktstellen in der Gerätesteckvorrichtung Störungen vorkommen.

Für die Ausbildung des Gerätesteckers — des Teiles mit Kontaktstiften, der am Gerät sitzt — ist jetzt die grundlegende Forderung aufgestellt, daß künftig gewisse Temperaturen nicht überschritten werden dürfen. So wird verlangt, daß an den Kontaktstiften des Gerätesteckers im betriebswarmen Zustand bei der Nennspannung bzw. bei der höchsten Spannung eines Spannungsbereiches die Temperatur 180 ° nicht überschreitet. Die Gerätesteckdose, die dabei auf den Gerätestecker aufgesetzt ist, muß so gestaltet sein, daß im Innern an der Aderverzweigungsstelle der Anschlußschnüre die Temperatur 90 ° bei 20 ° Raumtemperatur nicht übersteigt. Versuche haben gezeigt, daß durch zweckentsprechende Ausbildung der einzelnen Teile diese Forderungen sehr wohl erfüllt werden können. Auch beim festen Anschluß einer Zuleitung an das Gerät darf die Temperatur an der Aderverzweigungsstelle 90 ° bei 20 ° Raumtemperatur nicht überschreiten.

Bei Einhaltung dieser Grenztemperaturen tritt eine vorzeitige Zerstörung der Gummiisolation der Zuleitung schwerer ein, da dann schädliche Temperaturen hinter der Aderverzweigungstelle und an der aus dem Gerät bzw. aus der Gerätesteckdose austretenden Zuleitung nicht entstehen können. Ob die höchst zulässigen Temperaturen an dem Gerät und an der Gerätesteckdose nicht überschritten werden, kann durch Prüfungen festgestellt werden.

Zu erwähnen ist noch, daß diese Forderungen in bezug auf die Höchsttemperaturen für alle Gerätesteckdosen gelten. Es ist nicht angängig, daß zwei Arten von Gerätesteckdosen auf dem Markt sind, da diese sowohl an einem Elektrowärmegerät als auch an einem Gerät, an dem keine besonderen Erwärmungen, wie z. B. beim Staubsauger, auftreten, verwendet werden können. Eine Unterscheidung verschiedener Dosen durch den Verbraucher hinsichtlich zulässiger Erwärmung würde Schwierigkeiten mit sich bringen.

Durch eingehende Versuche ist festgestellt worden, daß die Lebensdauer der Zuleitungen auch durch zweck-

entsprechende Form der Schutzspiralen wesentlich verlängert werden kann.

Mit Rücksicht auf die als Zuleitungen in Frage kommenden NSA-, NLH- und NLHG-Leitungen soll der lichte Durchmesser von Schutzspiralen an der engsten Stelle nicht kleiner als 10 mm sein. Bei Einhaltung dieses Maßes kann die Zuleitung, die in der Schutzspirale geführt wird, im Gebrauch der Geräte eine gleitende Bewegung ausführen. Um schädliche Knickungen an der Einführungsstelle zu verhindern, muß die Spirale einer bestimmten Biegebeanspruchung genügen. Selbstverständlich darf die Schutzspirale keine scharfkantigen Teile haben. Unbedingt muß ferner gefordert werden, daß sie sich, wie es leider bisher vielfach der Fall ist, beim Gebrauch der Geräte nicht löst und daß auch etwa vorhandene Tüllen am freien Ende der Spirale zuverlässig befestigt sind. Ob Schutzspiralen zweckmäßig gestaltet sind, kann durch eine Prüfung ermittelt werden.

Bezüglich der Elektrowärmegeräte ist auf einige weitergehende Änderungen gegenüber den bisherigen Bestimmungen in den V. E. Hz. hinzuweisen.

Von besonderem Interesse ist es, daß eine Unterscheidung von spülbaren und nicht spülbaren Geräten künftig in den Vorschriften nicht mehr gemacht wird, da ein Bedürfnis für die Beibehaltung dieser Bestimmung nicht vorliegt, zumal auch eine Spülbarkeit von Geräten auf die Dauer nicht gewährleistet werden kann; mithin werden auch in den Aufschriften Angaben über Spülbarkeit künftig nicht mehr gefordert.

In § 10 der V. E. Hz. sind Begriffsbestimmungen über „Siedezeit, Fortkochzahl und Anheizwirkungsgrad" enthalten. Auch diese Begriffe sind gestrichen worden, da es nicht beabsichtigt ist, irgendwelche Bestimmungen über Wirkungsgrade von Elektrowärmegeräten in den neuen Vorschriften aufzunehmen. Auch in den V. E. Hz. sind derartige Prüfbestimmungen bisher noch nicht enthalten. Wenn auch der Bestimmung des physikalischen Wirkungsgrades zum Zwecke des Vergleiches der Gerätequalität eine gewisse Bedeutung zukommt, so darf nicht verkannt werden, daß der unter bestimmten Versuchsbedingungen ermittelte physikalische Wirkungsgrad keinerlei Schlüsse auf die Wirtschaftlichkeit der Elektrowärmegeräte im praktischen Betriebe insbesondere im Vergleich mit anderen Beheizungsarten zuläßt.

Die Angaben in den V. E. Hz. über Normaltypen von Wasserkochern, Kochtöpfen, Kochplatten, Öfen und Bügeleisen kommen ebenfalls in Fortfall; hierfür werden besondere Normblätter herausgegeben.

Schwierigkeiten, die der bisherige § 13 der V. E. Hz. infolge verschiedener Auslegemöglichkeiten in bezug auf die Anschlußfrage mit sich brachte, bestehen künftig nicht, da die neuen Vorschriften für Elektrowärmegeräte sich nur auf Geräte für Spannungen bis 250 V gegen Erde beziehen. Ortsveränderliche Geräte für den Hausgebrauch sind nur für Betriebspannungen bis höchstens 250 V zulässig.

Die bisherigen Prüfbestimmungen sowohl für Elektrowärmegeräte, wie für Handgeräte sind erweitert worden durch Angaben über die Prüfung etwa vorhandener Schutzspiralen und über die Prüfung der mechanischen Festigkeit des Schutzkragens am Gerätestecker.

Die Prüfbestimmungen für Elektrowärmegeräte sind ferner noch ergänzt worden durch eine Isolationsprüfung und durch eine Prüfung des Gerätesteckers auf Erwärmung (Höchsttemperatur 180 °).

Bei den Prüfungen, die bei der Fabrikation vorzunehmen sind — Stückprüfung — wird künftig verlangt, daß alle Geräte nach kurzzeitigem Betrieb einer Spannungsprüfung zu unterziehen sind.

Sonderbestimmungen für Elektrowärmegeräte.

In den „Vorschriften für elektrische Heizgeräte und elektrische Heizeinrichtungen V. E. Hz." sowie auch in den „Vorschriften für Geräte mit Kleinstmotoren V. G. K. M." sind für einzelne Gerätearten eine Reihe von Sonderbestimmungen enthalten. Diese Bestimmungen haben in den neuen Vorschriften eine wesentliche Umgestaltung und Erweiterung erfahren.

In den V. E. Hz. gibt es bisher nur Sonderbestimmungen für Bügeleisen, Heizkissen, Tauchsieder, Kochplatten, Durchlauferhitzer, Elektrodenheizgeräte, Öfen.

In einem Anhang sind die seinerzeit vom Elektrotechnischen Verein in Wien aufgestellten Bestimmungen über die Ausführung und den Betrieb elektrischer Raumbeheizung mittels freigespannter Heizleiter (elektrische Linearheizung) enthalten. Diese Bestimmungen über elektrische Linearheizung, die in der Nachkriegszeit einige Bedeutung hatte, sind in den neuen V. W. G. nicht mehr aufgenommen worden, da ein Bedürfnis hierfür nicht mehr besteht.

Dagegen ist das große Gebiet der Kochgeräte mit den Kochplatten, Brat- und Backröhren, den Gefäßen mit eingebauten Heizkörpern (Wasserkochern, Kaffeemaschinen, Leimkochern, Bratpfannen und dgl.), Tauchsieder, Durchlauferhitzer, Elektrodenheizgeräte und Speicherkessel (Heißwasserspeicher, Futterdämpfer, Waschgeräte und dgl.) vollständig neu bearbeitet worden.

In den zusätzlichen Sonderbestimmungen werden jetzt ferner noch behandelt Lötkolben, Heizgeräte für feuergefährdete Räume, Heizgeräte für Haarbehandlung sowie elektrisch beheiztes Spielzeug; eine wesentliche Umgestaltung haben die bisherigen Sonderbestimmungen für Heizkissen erfahren.

Aus diesen Sondervorschriften ist im einzelnen folgendes besonders bemerkenswert:

Für Bügeleisen sind neue Prüfbestimmungen, und zwar für Bügeleisen ohne Regler, Bügeleisen mit Temperaturbegrenzer und Bügeleisen mit Temperaturregler herausgegeben. Andere Geräte mit Temperaturbegrenzern oder Temperaturreglern unterliegen sinngemäß den gleichen Prüfbestimmungen.

Für Kochgeräte sind zunächst die Bestimmungen, die bisher verstreut in den V. E. Hz. gestanden haben, zusammengefaßt.

Eine Grundforderung für alle Kochgeräte ist es, daß Spannung führende Teile und auch deren Isolation gegen überfließendes Wasser und gegen Verschmutzung durch Kochgut geschützt sein müssen. Ausgenommen von dieser Bestimmung sind natürlich die Geräte, bei denen Spannung führende Teile betriebsmäßig mit der Flüssigkeit in Berührung kommen, wie Durchlauferhitzer und Elektrodenheizgeräte.

Ferner müssen die Kochgeräte so hergestellt sein, daß auch überfließendes Wasser nicht in den Heizraum eindringt und daß Flüssigkeit nicht aufgesaugt werden kann.

Für Kochplatten, Brat- und Backgeräte sind die Prüfbestimmungen für die Überlastung und den Feuchtigkeitschutz neu bearbeitet. Wenn bei diesen Geräten freiliegende der Berührung zugängliche Heizleiter vorhanden sind, wird jetzt in bezug auf den Berührungschutz gefordert, daß diese freiliegenden Heizleiter bzw. sonstige unter Spannung stehende Teile im Handbereich gegen zufällige Berührung auch mit gebrauchsmäßig verwendeten Hilfsmitteln, wie Gabeln u. dgl., geschützt sein müssen.

Für Gefäße mit eingebautem Heizkörper (wie Wasserkocher, Kaffeemaschinen, Leimkocher usw.) enthalten die Sonderbestimmungen Angaben für die Prüfung in bezug auf Überlastung und Feuchtigkeitschutz.

Die bisherigen Bestimmungen für Tauchsieder wurden durch eine Überlastungsprüfung sowie durch eine Prüfung auf die Auswirkung unbeabsichtigten Trockengehens erweitert. Diese Prüfungen sind besonders notwendig, da eingeschaltete Tauchsieder oft kurz nach der Herausnahme aus der Flüssigkeit auflöten.

Für Durchlauferhitzer sind die bisher in den V.E.Hz. verstreuten Bestimmungen zusammengefaßt und durch Angaben über eine Überlastungsprüfung ergänzt. Ein gleiches gilt für die Elektrodenheizgeräte.

Ganz neu sind die Konstruktions- und Prüfangaben für Speicherkessel. So wird u. a. an Heißwasserspeichern u. dgl. eine Öffnung von mindestens 75 mm Durchmesser zur Reinigung der Geräte verlangt. Zur völligen Entleerung des Innenraumes muß eine Vorrichtung vorhanden sein. Die Befestigung der Abdeckungen hat durch plombierbare Schrauben oder andere starre Befestigungsmittel zu erfolgen. Heizkörper und Temperaturregler müssen auswechselbar sein. Wasserzu- und -ablauf sind zu kennzeichnen. Unzulässige Überdrücke dürfen in dem Gerät nicht auftreten.

Die Speicherkessel werden bei der Überlastungsprüfung an 1,23-fache Nennspannung gelegt. Außerdem ist eine Prüfmethode für die Prüfung des Trockengehschutzes vorgesehen.

Die Bestimmungen über den Berührungschutz bei Öfen sind gegenüber den bisherigen Bestimmungen genauer festgelegt. So wird jetzt verlangt, daß bei Öfen, deren Heizkörper oder Heizkörperabdeckung ohne Werkzeug entfernt werden können, wie es z. B. bei Heizlampen und Strahlsonnen der Fall ist, der Berührungschutz auch während des Auswechselns dieser Heizkörper gegen Heizkörper gleicher Ausführung wirksam sein muß, falls nicht durch die Eigentümlichkeit der Bauart Gewähr gegen deren unbeabsichtigte Entfernung gegeben ist.

Wichtig ist es auch, daß künftig Fassungen mit Schaltern und Hilfschaltvorrichtungen für Öfen nicht mehr zulässig sind, und daß die Fassungen mindestens den An-

forderungen entsprechen müssen, die in den K.P.I. an Fassungen gestellt werden.

Für Lötkolben enthalten die Sonderbestimmungen nur Angaben in bezug auf die Überlastung.

In feuergefährdeten Räumen, zu denen z. B. Garagen gehören, dürfen an Geräteteilen der Elektrowärmegeräte, die mit brennbaren Stoffen in Berührung kommen können, keine höheren Temperaturen als 200° auftreten.

Aus den bereits seit dem 1. Januar 1930 gültigen Zusatzbestimmungen über Heizgeräte für Haarbehandlung, zu denen u. a. Dauerwellengeräte, Kämme und Brennscheren gehören und die jetzt in die Sonderbestimmungen der V.W.G. übernommen sind, sei auf folgende wichtige Forderungen besonders hingewiesen:

Verlangt wird vor allem Feuchtigkeitschutz und genügende mechanische Festigkeit. Zur Prüfung der mechanischen Festigkeit müssen die Geräte einen 5-maligen Fall aus 1,5 m Höhe aushalten. Ferner müssen die Heizgeräte für Haarbehandlung bei Spannungen über 42 V für Erdung, Nullung oder Schutzschaltung eingerichtet sein.

Die Sonderbestimmungen für elektrisch beheiztes Spielzeug, die ebenfalls bereits seit dem 1. Januar 1930 in Gültigkeit sind und auch in die Sonderbestimmungen der V.W.G. übernommen sind, gelten für Kinderkochherde, Kinderbügeleisen u. dgl., die mit Spannungen über 24 V beheizt werden. Besonders sei darauf hingewiesen, daß derartig elektrisch beheizte Spielzeuge nur für eine Betriebspannung eingerichtet sein dürfen. Irgendwelche Umschaltvorrichtungen sind daher nicht zulässig.

Die Schutzverkleidungen der Kinderkochherde usw. dürfen mittels gewöhnlicher einem Kinde zugänglicher Werkzeuge nicht entfernt werden können. Verschraubungen sind unzulässig. Es ist daher nur eine Befestigung durch Nieten, Schweißen oder Falzen vorzunehmen. Auch müssen die Öffnungen im Gehäuse so ausgebildet sein, daß ein Berühren Spannung führender Teile beim Durchstecken von Drähten, Nadeln usw. unmöglich ist. Selbstverständlich dürfen auch überfließendes Kochgut und Feuchtigkeit nicht an die Spannung führenden Teile gelangen.

Gegenüber anderen Elektrowärmegeräten müssen elektrisch beheizte Kinderspielzeuge in jedem Fall mit Luftstrecken von 6 mm ausgeführt werden. Der Anschluß an das Netz darf nur mit einer am Gerät fest angeschlossenen Zuleitung, nicht mit einer Gerätesteckvorrichtung erfolgen.

Die Prüfbestimmungen, die gegenüber den allgemeinen Prüfbestimmungen für Elektrowärmegeräte wesentlich erweitert sind, erstrecken sich auf mechanische Festigkeit, Feuchtigkeitschutz und Überlastung.

Die Bestimmungen für Heizkissen sind in einigen Punkten geändert worden.

So soll der geringste Nenndurchmesser der Heizleiter künftig bei den normalen Heizkissen 0,09 mm nicht unterschreiten. Nur bei Heizkissen mit kleinerer Fläche als 30 × 40 cm darf auch ein Nenndurchmesser von 0,08 mm verwendet werden.

Die in Heizkissen eingebauten Temperaturregler sind durch eine Abdeckung gegen das Eindringen von Staubteilchen zu schützen, damit sie nicht durch Eindringen von Staub außer Betrieb gesetzt werden.

Neu sind in den Sonderbestimmungen für Heizkissen die Angaben über die inneren Verbindungsleitungen und Verbindungstellen im Kissen.

Neu eingeführt ist auch eine 24-stündige Spannungsprüfung unter gleichzeitiger Druckbelastung. Durch diese Prüfung soll die betriebsmäßige Benutzung von Heizkissen nachgeahmt werden, wenn ein Kranker auf einem Heizkissen liegt oder sitzt.

Sonderbestimmungen für Geräte mit Kleinstmotoren.

In den z. Z. noch gültigen „Vorschriften für Geräte mit Kleinstmotoren" gibt es Sonderbestimmungen für Anlasser und Regler, Heißluftduschen, Massagegeräte, Staubsauger, Tischfächer, Antriebsmotoren und Regler von Haushaltmaschinen einschließlich Nähmaschinen, Geräte mit biegsamer Welle (z. B. Haarschneidemaschinen), Haarschneidemaschinen mit Kleinstmotor im Handstück und Haarschneidemaschinen mit magnetischem Antrieb.

In den neuen Vorschriften — die nur für Geräte mit Spannungen bis 250 V gegen Erde gelten — kommen hinzu Sonderbestimmungen für Bohnermaschinen sowie Geräte, die gebrauchsmäßig mit Flüssigkeit in Berührung kommen. Die bisherigen Sonderbestimmungen sind in einigen Punkten erweitert worden.

So sind u. a. Angaben für Durchführung einer Fallprüfung von Luftduschen und Massagegeräten, und zwar mit Rücksicht auf die Ausführungen in Isolierstoff gemacht. Bei Staubsaugern wird besonders auf die erforderliche mechanische Festigkeit hingewiesen. In Geräten, die gebrauchsmäßig mit Flüssigkeiten in Berührung kommen, muß das Eindringen von Flüssigkeit in den Motor erschwert sein, auch müssen diese Geräte sowie auch Scher- und Viehputzmaschinen in jedem Fall Zuleitungen mit einem Schutzleiter haben.

Elektromedizinische Netzanschlußgeräte.

Die „Vorschriften für elektromedizinische Netzanschlußgeräte zur Galvanisation, Faradisation, Sinusstrombehandlung, Glühkaustik und Endoskopie V. E. Med./1933" stimmen in den Grundformen mit den Vorschriften für Elektrowärmegeräte sowie Handgeräte überein, soweit nicht die Eigenart der elektromedizinischen Geräte andere Bestimmungen erforderlich macht. Die Vorschriften gelten z. B. nicht für die an die Klemmen des Behandlungskreises angeschlossenen Zusatzgeräte und deren Zuleitungen. Ein Berührungsschutz kommt an diesen Stellen nicht in Frage, da vielfach ja gerade der elektrische Strom — allerdings besonderer Art — in den menschlichen Körper eintreten soll.

Sowohl der Patient als auch der Arzt kommt mit den Spannung führenden Teilen des Behandlungskreises in Berührung, und es muß besondere Vorsorge getroffen werden, daß die Netzspannung nicht in den Behandlungskreis übertritt.

Ein großer Teil der neuen Bestimmungen befaßt sich mit dieser für die Sicherheit unbedingt notwendigen Forderung. So wird z. B. verlangt, daß die der Abnutzung unterworfenen Teile der Geräte (z. B. Elektronenröhren) auch bei Schadhaftwerden keine Stromübergänge herbeiführen. Es darf ferner keine leitende Verbindung zwischen Netzkreis einerseits und zwischen dem Behandlungskreis und dem Gehäuse anderseits bestehen. Die Teile beider Kreise müssen so voneinander getrennt sein, daß dieser Forderung auch bei etwaigem Drahtbruch genügt wird. Die Kriechstrecken sind allgemein mit 4 mm festgelegt, zwischen Netzkreis und Behandlungskreis muß jedoch ein Maß von 7 mm vorhanden sein. Die entsprechenden Größen für die Luftstrecke sind 3 und 5 mm.

Gefordert wird ferner, daß einer Verwechslung von Anschlußorganen, Schaltern und Reglern des Netzkreises mit solchen des Behandlungskreises durch unterschiedliche Ausbildung oder deutliche Kennzeichnung vorgebeugt wird.

Besonders wichtig sind für elektromedizinische Netzanschlußgeräte auch noch die Bestimmungen in bezug auf Erwärmung und Kurzschlußsicherheit, die verlangen, daß auch bei einem Kurzschluß der Abnahmeklemmen keine leitende Verbindung zwischen Netz- und Behandlungskreis zustande kommen kann.

Die Prüfungen für elektromedizinische Netzanschlußgeräte sind wesentlich schärfer als bei Elektrowärme- und sonstigen Handgeräten. Nach 10-stündigem Kurzschluß der Abnahmeklemmen sowie nach 10-stündigem Leerlauf, beides bei Nennprimärspannung, ist die Isolation, und zwar auch nach Lagerung der Prüflinge in feuchter Luft, zu prüfen. Die Geräte müssen hierbei eine langsam gesteigerte Wechselspannung 1 min aushalten, und zwar zwischen Netzkreis und Behandlungskreis 2000 V, und zwischen Gehäuse einerseits und Netzkreis bzw. Behandlungskreis anderseits 1000 V.

Gerätesteckvorrichtungen.

Einer der wichtigsten für den Bau von Gerätesteckvorrichtungen maßgebenden Gesichtspunkte — die Erwärmungsfrage — ist bereits oben behandelt worden. Die neuen noch in Vorbereitung befindlichen „Vorschriften für zweipolige Gerätesteckvorrichtungen und Geräteanschlußschnüre 10 A 250 V für Hand- und Elektrowärmegeräte" enthalten ferner Angaben über den Schutz gegen zufällige Berührung, ferner über die Kontaktteile und Anschlüsse, und zwar decken sich diese Forderungen mit den allgemeinen Bestimmungen für den Bau elektrischer Geräte.

Besonders wichtig sind die umfangreichen Prüfvorschriften, durch die mangelhafte Fabrikate ausgeschieden werden sollen.

Die Grundabmessungen der Gerätesteckvorrichtungen sind in einem Normblatt DIN VDE 9490 festgelegt, das mit Rücksicht auf die Gerätesteckdosen mit Schutzkontakt neu bearbeitet worden ist. Die Grundmaße jedoch — durch die eine Austauschbarkeit gewährleistet ist — sind wegen der vielen im Gebrauch befindlichen Gerätesteckdosen ohne Schutzkontakt nicht geändert worden.

Die „Vorschriften für zweipolige Gerätesteckvorrichtungen und Geräteanschlußschnüre 10 A 250 V für Hand-

und Elektrowärmegeräte" werden durch die „Vorschriften für zweipolige Gerätesteckdosen 10 A 250 V mit Schutzkontakt" ergänzt.

Steckdosen mit Schutzkontakt sind dazu bestimmt, Geräte in feuchten oder besonders gefährdeten Räumen zu erden, zu nullen oder an eine Schutzschaltung anzuschließen.

Die Steckdose mit Schutzkontakt gleicht in ihren äußeren Formen und Abmessungen der Gerätesteckdose ohne Schutzkontakt. Sie hat nur an dem Teil, der in den Schutzkragen des Gerätesteckers eingesetzt wird, Schutzkontaktstücke, durch die eine gute metallische Verbindung mit dem Schutzkragen herbeigeführt werden soll.

In den neuen „Vorschriften für zweipolige Gerätesteckdosen 10 A 250 mit Schutzkontakt" sind die für die Ausbildung und Prüfung derartiger Dosen notwendigen Angaben enthalten.

Da die Steckdosen mit und ohne Schutzkontakt die gleiche Form haben, passen sie in den Schutzkragen eines jeden Gerätesteckers.

Zur Gerätesteckdose mit Schutzkontakt gehört eine Anschlußschnur, die außer den zwei Adern für die Stromleitung noch eine Schutzleitung besitzt. Am anderen Ende der Anschlußschnur sitzt der Wandstecker mit Schutzkontakt.

Es gibt also künftig zwei Arten von Geräteanschlußschnüren, und zwar ohne oder mit Schutzkontakt.

In feuchten und sonstigen gefährdeten Räumen sollen nur Wandsteckdosen mit Schutzkontakt installiert sein. In derartige Wandsteckdosen passen aber nur Stecker mit Schutzkontakt. Mithin können auch hier nur Geräteanschlußschnüre mit Schutzkontakt verwendet werden, durch die die Geräte geerdet, genullt oder an eine Schutzleitung angeschlossen werden.

Da gewöhnliche Stecker in Wandsteckdosen mit Schutzkontakt nicht passen, ist der Anschluß ungeschützter Geräte durch einen Stecker ohne Schutzkontakt in derartigen Räumen nicht möglich.

Zwecks Erzielung eines guten Kontaktes der Schutzorgane ist es notwendig, daß die Austauschmaße, die für den Schutzkragen und für die Gerätesteckdose festgelegt sind, möglichst genau eingehalten werden, und daß etwa im Schutzkragen des Gerätesteckers vorhandene Ausbeulungen und Aussparungen den Kontakt der Schutzkontaktstücke der Gerätesteckdose mit dem Schutzkragen am Gerät nicht verhindern.

Die neuen Vorschriften verlangen ferner, daß die Grifffläche der Gerätesteckdosen ohne Schutzkontakt aus Isolierstoff bestehen muß. Falls die Gerätesteckdose mit einem Metallring versehen ist, muß dieser mindestens 3 mm von der Gerätesteckdose zurückstehen und darf bei eingesteckter Dose nicht mehr als 5 mm über den Schutzkragen des Gerätesteckers herausragen. Derartige Metallringe werden vielfach aus konstruktiven Gründen — um die mechanische Festigkeit zu erhöhen — angebracht.

Geräteschalter.

Eine weitere Arbeit, die der Jahresversammlung 1931 des VDE vorgelegt wurde, sind die „Vorschriften für Geräteschalter". In ihr sind alle Forderungen zusammengefaßt, die an Geräteschalter zu stellen sind, und zwar werden behandelt:

Im Gerät ein- und am Gerät anzubauende Schalter,
Schnurschalter an beweglichen Leitungen,
Schalter an und in Gerätesteckdosen.

Zu bemerken ist, daß bisher Schalter in Zuleitungen nach den V. E. Hz. nur bei Geräten bis 250 V gegen Erde und bei Stromstärken bis 1 A zulässig sind. Da eine derartige Begrenzung für den Einbau von Schaltern in bewegliche Zuleitungen in den V. E. S. 1 nicht mehr enthalten ist, kommt sie auch künftig in den Vorschriften für die Geräte in Fortfall.

Mit Rücksicht auf die grundlegende Forderung, daß Schalter unzulässigen Erwärmungen nicht ausgesetzt werden sollen, wird jetzt, wie bereits oben erwähnt, eine Unterscheidung gemacht zwischen solchen Schaltern, die betriebsmäßig für keine höhere Temperatur als 60 ° verwendet werden, und Schaltern für Temperaturen von mehr als 60 °. Diese letzten Schalter, die also auch in der Wärmezone der Geräte eingebaut werden können, müssen jedoch durch das Zeichen „T" als hierfür geeignet gekennzeichnet sein und müssen Temperaturen bis 120 ° aushalten.

Für Schalter, die Temperaturen bis 120 ° aushalten sollen, sind besondere Prüfvorschriften aufgestellt worden.

Die sonstigen Bestimmungen für Schalter entsprechen im allgemeinen den Vorschriften für Dosenschalter nach den K. P. I. Einige Erweiterungen haben diese Bestimmungen durch die Forderungen erhalten, die in den z. Z. noch geltenden „Vorschriften für Geräte-Einbauschalter für Spannungen bis 250 V" enthalten sind.

Insbesondere ist noch zu bemerken, daß Schalter in und an Gerätesteckdosen für 250 V und 10 A gebaut sein müssen. Schnurschalter für Spannungen über 250 V und über 10 A sind unzulässig.

Gefordert wird ferner, daß die Schaltstellungen entweder auf der Schalterabdeckung oder auf dem Gerät — falls nur der Schaltergriff herausragt — gekennzeichnet sind.

Für die Prüfung der Haltbarkeit der Geräteschalter sind besondere Bestimmungen aufgestellt worden.

Temperaturbegrenzer und -regler.

Eine völlig neue Arbeit sind auch die „Leitsätze für die Temperaturbegrenzer und Temperaturregler".

Temperaturbegrenzer sind Vorrichtungen, die die Temperatur eines Elektrowärmegerätes durch selbsttätiges Ausschalten oder Ändern des Heizstromes begrenzen und von Hand wieder einzuschalten oder betriebsfähig zu machen sind; sie können daneben als handbetätigte Ein- und Ausschalter ausgebildet sein. Temperaturbegrenzer werden nur in Verbindung mit dem Elektrowärmegerät, in das sie eingebaut sind, unter sinngemäßer Anwendung der Prüfbestimmungen für Elektrowärmegeräte geprüft. Die konstruktiven Angaben in den Leitsätzen erstrecken sich auf die Momentschaltung, Verhinderung der Funkenbildung, Sicherung der Einstellung, Kennzeichnung der Verstellrichtung und Aufschriften.

Temperaturregler sind Vorrichtungen, die die Temperatur eines Elektrowärmegerätes durch selbsttätiges Ein- und Ausschalten oder Ändern des Heizstromes innerhalb bestimmter Grenzen konstant halten. Auch sie werden nur in Verbindung mit dem Elektrowärmegerät, in das sie eingebaut sind, geprüft. Die Forderungen in konstruktiver Hinsicht sind im allgemeinen die gleichen wie bei Temperaturbegrenzern.

Ein neues elektro-optisches Meßverfahren für Spannungen und Ströme sehr hoher Frequenz.

(Mitteilung aus dem Institut für Fernmelde- und Hochfrequenztechnik der T. H. Braunschweig.)

Von L. Pungs und H. Vogler, Braunschweig.

Übersicht. Die Messung größerer Stromstärken und Spannungen bei Frequenzen über $3 \cdot 10^6$ Hz nach den bisher gebräuchlichen elektrometrischen und thermischen Methoden gibt keine zuverlässigen Resultate. Es wird ein neues Verfahren mit Benutzung des elektro-optischen Kerreffektes vorgeschlagen. Durch dieses Verfahren ist es möglich, die Hochfrequenzmessung auf eine Niederfrequenzmessung zurückzuführen. Die neuere Entwicklung des Verfahrens erlaubt auch, den Effektivwert einer nicht sinusförmigen Hochfrequenzspannung zu bestimmen.

Für die Messung von Spannungen hoher Frequenz wird, sobald es sich um Größenordnungen über 100 V handelt, das elektrometrische Verfahren beinahe ausschließlich angewendet. Für die Messung von Hochfrequenzströmen kommt fast nur die thermische Methode in Betracht. Die heutige Entwicklung der Sendertechnik erlaubt es jetzt, bei Frequenzen oberhalb $3 \cdot 10^6$ Hz ($\lambda = 100$ m) größere Leistungen herzustellen, in neuerer Zeit, hauptsächlich auf Grund der Arbeiten von Esau, sogar oberhalb von $3 \cdot 10^7$ Hz. Die Messung größerer Stromstärken und Spannungen nach den angegebenen Methoden wird bei diesen Frequenzen unsicher. Bei der thermischen Methode zur Strommessung kann im Bereich der sehr hohen Frequenzen der effektive Widerstand des Heizdrahtes nicht mehr dem Widerstand bei Gleichstrom oder Niederfrequenz gleichgesetzt werden, so daß man das Instrument nicht mit Gleichstrom oder niederfrequentem Wechselstrom eichen kann.

Bei den elektrometrischen Instrumenten zur Spannungsmessung ist bei hohen Frequenzen zunächst die mit dem Ausschlag veränderliche Kapazität sehr störend, da dadurch auch die Resonanzverhältnisse verändert werden. Durch die magnetischen Felder der Ladeströme werden ferner die Ausschläge des Instrumentes beeinflußt, so daß dadurch unkontrollierbare Abweichungen im Vergleich mit der Niederfrequenzeichung entstehen. Aus diesen Meßschwierigkeiten ist es wohl in erster Linie zu erklären, daß bisher z. B. die Untersuchungen vor allem über das Verhalten von Isolierstoffen bei sehr hohen Frequenzen recht spärlich sind, da auch das sonst für Spannungsmessungen bei Hochfrequenz verwendete Röhrenvoltmeter in seinen verschiedenen Formen in dem Bereich sehr hoher Frequenzen ebenfalls wenig zuverlässig und für hohe Spannungen unbequem wird.

Die Verfasser sahen sich bei einer Arbeit über das Verhalten von Isolierstoffen bei sehr hohen Frequenzen und Spannungen im Bereiche von 500 ... 4000 V vor die Aufgabe gestellt, zunächst einmal eine Meßmethode für die Spannungsmessung auszuarbeiten. Sie fanden eine brauchbare Lösung durch die Benutzung des elektro-optischen Kerreffektes. Über diesen Effekt besteht wegen seines großen theoretischen Interesses, vor allem im Zusammenhang mit der Debyeschen Dipoltheorie, bekanntlich eine große physikalische Literatur[1]. Auch ist dieser Effekt mit Erfolg durch die Arbeiten von Karolus in die Technik der Bildtelegraphie, des Fernsehens, dann auch in die des Tonfilms eingeführt worden, da man mit seiner Verwendung ein trägheitsloses Lichtrelais ausbilden kann. Diese Trägheitslosigkeit, die auch bei Schwingungen sehr hoher Frequenz bestehen bleibt, gab uns Veranlassung, den Kerreffekt für Meßzwecke in diesem Frequenzbereich auszunutzen. Vor allem kam er gerade für die Spannungsmessung in Frage, weil bekanntlich durch den Kerreffekt eine Lichtmenge in Beziehung zu einer elektrischen Spannung gebracht werden kann. Vorschläge zur Benutzung des Effektes für Meßzwecke sind schon vorhanden. So ist es z. B. vorgeschlagen worden, den Kerreffekt zur Messung hoher Gleichspannungen zu verwenden[2]; auch für oszillographische Untersuchungen sollte der Kerreffekt angewendet werden[3].

Zur Messung hoher Gleichspannungen und Wechselspannungen bis 10^6 Hz kommt diese Methode nicht in Frage, da hier das elektrometrische Verfahren einfacher und zuverlässig genug ist; auch für oszillographische Zwecke ist sie bei niederfrequenten Spannungen wenig zweckmäßig und bei hochfrequenten nicht mehr brauchbar. Dagegen kann man für Spannungsmessungen in dem Bereich von Schwingungszahlen über $3 \cdot 10^6$ Hz, wenn die anderen Methoden unsicher werden, die Komplikation durch die Einführung der optischen Apparatur schon ruhig in Kauf nehmen, wenn es gelingt, ein genügend genaues und meßtechnisch einwandfreies Verfahren für diesen Frequenzbereich zu schaffen.

Die physikalischen Grundlagen unseres Verfahrens sind folgende: Es wird zunächst die bekannte Anordnung der Kerroptik benutzt, bestehend aus der Lichtquelle, einem Nicolschen Prisma als Polarisator, einer Zelle mit der Kerrflüssigkeit (Nitrobenzol oder Nitrotoluol), auf die die zu messende Spannung durch zwei Kondensatorplatten einwirkt, und dem zweiten Nicolschen Prisma als Analysator. Ist durch Kreuzung der Prismen auf Dunkelheit des Feldes im spannungslosen Zustand der Zelle eingestellt, so erhält man beim Anlegen einer Spannung an die Zelle infolge der elektrischen Doppelbrechung der Flüssigkeit eine Aufhellung. Die durchgelassene Lichtstärke ist dann auf Grund der für den Kerreffekt gültigen Beziehungen

$$L = L_0 \sin^2 (\pi B l \mathfrak{E}^2),$$

wo L_0 eine Konstante, B die Kerrkonstante, l die Länge des Lichtweges in der Zelle und $\mathfrak{E}$ die Feldstärke ist. Wird eine Wechselspannung angelegt und ist also die Feldstärke

$$\mathfrak{E} = \mathfrak{E}_0 \sin \omega t,$$

so ist die Lichtstärke eine periodische Funktion der Zeit, und zwar ist der Momentanwert

$$L_t = L_0 \sin^2 (\pi B l \mathfrak{E}_0^2 \sin^2 \omega t) = L_0 \sin^2 (\vartheta \sin^2 \omega t),$$

wobei $\vartheta = \pi B l \mathfrak{E}_0^2$.

Es wird nun bei unserem Verfahren die mittlere Lichtstärke beobachtet; deren Wert ergibt sich zu[4]

$$L_m = \frac{1}{T} \int_0^T L_0 \sin^2 (\vartheta \sin^2 \omega t)\, dt.$$

Die weitere Durchrechnung ergibt

$$L_m = \frac{L_0}{2} \left[1 - \frac{\cos \vartheta}{T} \int_0^T \cos (\vartheta \cos 2 \omega t)\, dt - \frac{\sin \vartheta}{T} \int_0^T \sin (\vartheta \cos 2 \omega t)\, dt \right]$$

und schließlich

$$L_m = \frac{L_0}{2} [1 - \cos (\vartheta) J_0 (\vartheta)],$$

wo J_0 eine Besselsche Funktion nullter Ordnung mit reellem Argument ist. Solange der Kerreffekt keine Trägheitserscheinung zeigt, ist die mittlere Lichtstärke von der Frequenz unabhängig und, wenn alle sonstigen Bedingungen konstant sind, nur eine Funktion des Maximalwertes der Feldstärke. Die Abhängigkeit der mittleren Lichtstärke von der Maximalspannung ist aus der oben abgeleiteten Gleichung mit Hilfe der Jahnke-Emdeschen Tafeln der Besselschen Funktionen berechnet und auf Abb. 1 in einem Relativmaßstabe eingetragen. Die Punkte sind experimentell aufgenommen und fügen sich sehr gut in die Kurve. Man sieht aus dem Verlauf der Kurve zunächst, daß man, um eindeutige Meßresultate zu erhalten, nur das Stück bis zum ersten Maximum benutzen kann, ferner sieht man, daß die Meßmethode bei kleineren Spannungen unempfindlich wird. Da die mittlere Lichtstärke für sinusförmige veränderliche Spannungen nur vom Maximalwert, nicht aber von der Frequenz abhängig ist, könnte man die ganze Anordnung mit einer niederfrequenten Spannung, nicht aber mit einer Gleichspannung eichen und sie dann zur Messung von Hochfrequenzspannungen verwenden. Eine solche Methode ist aber aus folgenden Gründen mit Unsicherheiten behaftet:

Abb. 1. Mittlere Lichtstärke in Abhängigkeit von der Maximalspannung.

Abb. 2. Schema des objektiven Verfahrens.

Die Kerrkonstante ist stark temperaturabhängig; es müßten also eine Temperaturmessung und -korrektion eingeführt werden. Dann hängt die Eichung von der Intensität der Lichtquelle ab, auch die müßte genau eingestellt werden. Auch die Farbe des Lichtes spielt eine Rolle, so daß die Eichung immer nur für eine bestimmte Lichtwellenlänge gilt. Alle diese Umstände führten dazu, ein Vergleichsverfahren auszuarbeiten, das von diesem Nachteil befreit ist und außerdem durch Ausnutzung einer Nullmethode eine große Genauigkeit zu erreichen gestattet. Das Schema des Verfahrens ist auf Abb. 2 gegeben. L ist eine Lichtquelle, K die Kerrzelle, die in bekannter Weise zwischen den Nicolschen Prismen liegt. Der Strahlengang wird durch Linsen beeinflußt und das Licht trifft

[1] Zusammenfassende Darstellung: G. Szivessy, Jahrb. Radioakt. Bd. 16, S. 241 ... 283 (1920).
[2] O. Tauern, Ann. Phys. Bd. 32, S. 1066 (1910).
[3] E. Rostás u. P. Selényi, Z. techn. Phys. Bd. 10, S. 483 (1929).
[4] Pungs u. Vogler, Phys. Z. Bd. 29, S. 485 (1930); dort auch weitere Literatur.

auf eine Photozelle Ph_1. Ein Spiegel S lenkt einen Teil des Lichtes unmittelbar auf eine zweite Photozelle Ph_2. Die Photoströme werden durch 2 Röhren verstärkt, die in einer Kompensationsschaltung angeordnet sind, wie sie schon für photometrische Messungen vorgeschlagen worden ist. Durch die Widerstände R_1, R_2 kann der Strom im Galvanometer G auf Null kompensiert werden. An die Kerrzelle kann durch den Umschalter U entweder die zu messende Hochfrequenzspannung oder eine sinusförmige Spannung von 50 Hz, einstellbar durch den Spannungsteiler T, angelegt werden; diese Spannung kann durch ein Niederfrequenz-Voltmeter V genau gemessen werden.

Der Vorgang bei der Messung ist folgender: Das Kerrsystem wird bei spannungsloser Kerrzelle so eingestellt, daß die Nicols genau gekreuzt sind und das Lichtfeld dunkel ist; zu dieser Einstellung kann die Photozelle Ph_1 benutzt werden. Die ganze optische Einrichtung ist so justiert, daß die Achsen der Nicols 45° mit der Richtung des Feldes bilden. Es wird die zu messende Hochfrequenzspannung an die Kerrzelle gelegt, die Beleuchtung der zweiten Zelle Ph_2 durch eine Blende so eingestellt, daß sie ungefähr in die gleiche Größenordnung kommt, und dann durch die Widerstände der Strom im Galvanometer auf Null kompensiert. Darauf wird die Hochfrequenzspannung abgeschaltet, die 50 Hz-Spannung angelegt und der Spannungsteiler so lange verändert, bis das Galvanometer wieder auf Null steht; dann gibt das Instrument V direkt den Effektivwert der sinusförmigen Hochfrequenzspannung an.

Abb. 3. Das subjektive Verfahren mit Pulfrich-Photometer.

Das Meßverfahren in der angegebenen Form ist für angenäherte Sinusspannungen, also für ungedämpfte Hochfrequenzspannungen bestimmt. Durch die Resonanzkreise ist die Bedingung der Sinusförmigkeit hier sehr weitgehend erfüllt. Bei der Vergleichspannung können bei großen Abweichungen von der Sinusform Siebkreise angeordnet werden. Mit Rücksicht auf ihre bequemere Bemessung empfiehlt es sich dann, zum Vergleich mit höheren Frequenzen, also z. B. mit 500 ... 1000 Hz zu arbeiten. Werden die Vergleichsmessungen schnell nacheinander ausgeführt und ist die Kerrzelle so gebaut, daß keine größeren Temperaturerhöhungen auftreten, was bei sorgfältiger Behandlung der Kerrflüssigkeit immer möglich ist, so fällt die Temperaturabhängigkeit aus der Messung heraus. Die Schwankungen der Intensität der Lichtquelle sind in weiten Grenzen ohne Einfluß auf das Ergebnis der Messung. Auch die Abhängigkeit der Kerrkonstante von der Farbe des Lichtes hat keinen Einfluß auf das Resultat. Wenn man das Nullinstrument genügend empfindlich wählt und den Störspiegel durch sorgfältige Abschirmung des elektrischen Teiles der Apparatur herabsetzt, so läßt sich die Messung der Hochfrequenzspannung auf diese Weise mit gleicher Genauigkeit ausführen wie die Messung einer niederfrequenten Spannung, also mit genügend empfindlichen Meßinstrumenten schon auf Bruchteile eines Prozents, was nach den bisher angewendeten Verfahren in diesem Frequenzbereich sicher nicht möglich war.

Es entsteht nun die Frage, wie weit man mit der Frequenz heraufgehen darf, ohne die Sicherheit der Methode in Frage zu stellen. Aus der Literatur[5] über den Kerreffekt kann als absolut sicher angenommen werden, daß bis zu Frequenzen von $3 \cdot 10^7$ Hz (Wellenlänge bis 10 m) der Kerreffekt trägheitsfrei ist. Wahrscheinlich wird man noch wesentlich höher, also bis zur Wellenlänge unter 5 m gehen können; Untersuchungen darüber werden z. Z. noch angestellt. Da die z. Z. verwendeten kurzen Wellen in dem Bereich zwischen 100 und 5 m liegen, wird unserer Meinung nach die Möglichkeit, in diesem Bereich exakte Spannungsmessungen durchzuführen, sehr erwünscht sein.

Das Verfahren in der bestehenden Form wurde von uns im Spannungsbereich von etwa 300 bis rd. 4000 V praktisch durchgeführt; es für höhere Spannungen anzuwenden, macht keine Schwierigkeiten. Die höchste Frequenz, bei der wir bisher arbeiteten, war $1{,}2 \cdot 10^7$ Hz, also $\lambda = 25$ m. Die Arbeiten zur Ausdehnung auf Frequenzen unterhalb $3 \cdot 10^7$ Hz werden fortgesetzt.

[5] Sirkar, Ind. Journ. of Phys. Bd. 3, S. 424 (1929). Tummers, Dissert. Utrecht 1914.

Ein großer Vorteil des Verfahrens ist die kleine und vor allem konstante Kapazität der Meßzelle. Das Verfahren in der zunächst beschriebenen Form ist in erster Linie ein Laboratoriumsverfahren. Wir denken, daß es, wie z. B. die Kompensationsmethoden, zur Eichung von anderen Meßinstrumenten, vor allem Elektrometern, verwendet werden kann. Es ist nun unter Mitarbeit von Herrn Hoyer dadurch vereinfacht worden, daß man an Stelle der objektiven Beobachtung die subjektive mit Hilfe eines Vergleichsphotometers gesetzt hat. Als besonders geeigneter Apparat für diesen Zweck erschien nun das von Zeiß hergestellte Pulfrich-Photometer. Unter Benutzung dieses Photometers bekommen wir eine Anordnung, wie sie in Abb. 3 angegeben ist, die sich auch bequem konstruktiv zu einem Apparat vereinigen läßt. Beim Pulfrich-Photometer P läßt sich die Beleuchtung zweier Felder durch feinregelbare Blenden B auf gleiche Stärke einstellen. Beim Anlegen der Hochfrequenzspannung wird durch die Blenden die Beleuchtung der einen Hälfte des Lichtfeldes über die Kerrzelle und die der anderen Hälfte, direkt von der Quelle, auf gleiche Stärke eingestellt, dann die Niederfrequenz eingeschaltet und so lange geregelt, bis die beiden Hälften des Lichtfeldes gleiche Beleuchtung zeigen. Die Genauigkeit dieses Verfahrens kann natürlich nicht so weit gesteigert werden wie beim subjektiven. Abb. 4 zeigt die wirkliche Ausführung der Anordnung.

S	Sender für Hochfrequenz	A	Analysator
L	Lichtquelle	Ph	Pulfrich-Photometer
P	Polarisator	J	Instrument zur Messung der Vergleichspannung
Z	Kerrzelle		

Abb. 4. Meßanordnung für das subjektive Verfahren.

Zahlentafel 1. Meßgenauigkeit der Photometermethode.

Eingestellte Spannung V	Meßwerte 1	2	3	4	5	mittl. Fehler V	%
800	780	790	800	800	790	8,0	1.00
1000	990	1000	1010	990	990	8,0	0,80
1000	1200	1180	1200	1220	1200	8,0	0,67
1400	1380	1390	1410	1410	1420	14,0	1,00
1600	1570	1610	1620	1590	1600	14,0	0,88
1800	1810	1800	1800	1800	1780	6,0	0,33

Zahlentafel 2. Meßgenauigkeit der objektiven Methode.

Eingestellte Spannung V	Skalenteile	Ablesefehler V	%
800	0,5	17	2
1000	2,6	6	0.6
1200	7.1	4	0.3
1400	14.1	3	0.2
1600	23.2	2	0,1
1800	38,8	1,5	0,1

In den Zahlentafeln 1 und 2 sind Messungen nach der subjektiven Methode, also mit dem Photometer, und nach der objektiven Methode, mit Hilfe der Photozelle, zusammengestellt. Es muß dabei bemerkt werden, daß für die letztere Methode die Genauigkeit durch die Wahl eines empfindlicheren Nullinstrumentes noch gesteigert werden kann. Die Tafeln zeigen, daß man bei der subjektiven Methode mit einer Genauigkeit von etwa 1 ... 1½ % sicher rechnen kann, während bei der objektiven Methode die Genauigkeit den Bruchteil eines Prozentes beträgt. Im all-

gemeinen muß man bei Hochfrequenzmessungen Genauigkeiten bis 2 % schon als recht gut bezeichnen. Bei der subjektiven Methode hat man dann den technischen Vorteil, daß die Photozelle mit der Verstärkerapparatur, die immerhin gut abgeschirmt werden muß, wegfällt.

Von Interesse war es, festzustellen, wie sich gute technische Elektrometer verhalten, die für eine Frequenz bis 10^6 Hz bestimmt sind. Es zeigte sich, daß diese Elektrometer noch bis $1{,}5 \cdot 10^6$ Hz genaue Meßresultate gaben, dagegen bei $1{,}2 \cdot 10^7$ Hz eine Abweichung von 30 ... 40 % des richtigen Wertes.

Das Verfahren ist von uns mit gutem Erfolg bei der Untersuchung des dielektrischen Verhaltens der Isolierstoffe bei sehr hohen Frequenzen verwandt worden, über die an anderer Stelle berichtet wird[6]. Wesentliche Schwierigkeiten, deren Beseitigung viel Zeit und Arbeit erforderte, entstanden bei der Behandlung der Kerrflüssigkeit. Wir verwendeten Nitrobenzol, das durch ein besonderes Verfahren, durch Destillation und Elektrolyse, besonders sorgfältig gereinigt worden war. Die Reinigung mußte noch viel sorgfältiger erfolgen als bei der Benutzung der Kerrzelle als Lichtrelais, weil bei den Hochfrequenzströmen sonst rasche Erwärmung und Schlierenbildung eintreten, so daß an eine genaue Messung nicht zu denken ist. Inzwischen ist es H o y e r im Braunschweiger Institut gelungen, die Empfindlichkeit des Verfahrens so zu steigern, daß auch Spannungen von 200 V und vielleicht auch tiefer gemessen werden können, auch kann der Effektivwert einer nicht sinusförmigen Spannung direkt bestimmt werden. Eine Veröffentlichung darüber erfolgt demnächst. — Das Verfahren kann selbstverständlich auch zur indirekten Strommessung verwendet werden.

Der Helmholtz-Gesellschaft, die uns die Mittel zur Durchführung der Arbeit zur Verfügung gestellt hat, sprechen wir unseren verbindlichsten Dank aus, ferner der Firma Radioröhrenfabrik G. m. b. H., Hamburg, die uns Senderöhren für die Versuche überließ.

[6] H. Vogler, El. Nachr.-Techn. Bd. 8, S. 197 (1931).

Fehlerortbestimmung in Freileitungsnetzen*.

Von M. Walter, Berlin.

Übersicht. Es wird über den gegenwärtigen Stand der Einrichtungen für Fehlerortbestimmung in Freileitungsnetzen berichtet und auf neue Einrichtungen bzw. Bestimmungsmethoden hingewiesen. Die Betrachtungen gelten für Netze beliebiger Gestaltung, haben hier jedoch vornehmlich ringförmige und vermaschte Netze zum Gegenstand, in denen Distanzrelais eingebaut sind.

Die Ablaufzeit eines Distanzrelais[1] ist bekanntlich um so größer, je weiter die Fehlerstelle von seinem Einbauort entfernt ist. Diese Eigenschaft hat man sich in den letzten Jahren für die Ermittlung des Fehlerortes in Hochspannungsnetzen vielfach zunutze gemacht. Einige Firmen kuppeln zu diesem Zweck die Ablaufglieder der Distanzrelais mit Vorrichtungen wie Schleppzeigern oder Schlepptrommeln, die die L a u f z e i t der Relais in Sekunden angeben[2], andere Hersteller dagegen führen ihre Distanzrelais ohne diese Vorrichtungen aus, benutzen aber dafür elektrisch und mechanisch getrennte Vielfachzeitschreiber oder Zeitmesser, die gleichfalls die Laufzeit der Relais in Sekunden festhalten. An Hand der abgelesenen L a u f z e i t e n an den Zeitangabeeinrichtungen und der Z e i t k e n n l i n i e der Relais (Abb. 1 ... 4) kann der Fehlerort am kranken Netzteil ungefähr ermittelt werden.

Abb. 1. Zeitkennlinien eines N-Relais (Impedanzrelais der AEG).

Weiter kann die Fehlerortbestimmung nach einem Vorschlag des Verfassers entweder durch schnellaufende Spannung-Zeit-Schreiber allein oder durch schnellaufende Spannung-Zeit-Schreiber unter Zuhilfenahme von Zeitkennlinien der Distanzrelais durchgeführt werden. Man benutzt hierzu, wie weiter unten noch näher ausgeführt, einmal lediglich die S p a n n u n g s w e r t e zwischen den kurzgeschlossenen Leitern, aufgezeichnet durch Spannung-Zeit-Schreiber an 2, 4 oder mehr Stationen des Netzes, das andere Mal die L a u f z e i t e n der Distanzrelais, die S p a n n u n g s w e r t e bei Kurzschluß, beide durch Spannung-Zeit-Schreiber aufgezeichnet, und die Z e i t k e n n l i n i e n der Distanzrelais. Die Laufzeit der Relais kann auch durch andere bereits erwähnte Zeitangabe-Einrichtungen festgestellt werden.

Schließlich kann der Fehlerort auch durch besondere Meßeinrichtungen ermittelt werden. Auf solche Einrichtungen, deren Wirksamkeit betriebsfremde Frequenz oder Gleichspannung voraussetzt, wird am Schluß der Arbeit eingegangen.

Abb. 2. Zeitkennlinien eines Siemens-Impedanzrelais.

Die Einrichtungen für Fehlerortbestimmung lassen sich somit in vier Gruppen einteilen:

1. Fehlerortbestimmung aus der Laufzeit der Relais und den Relais-Zeitkennlinien,
2. Fehlerortbestimmung aus den Spannungswerten bei Kurzschluß,
3. Fehlerortbestimmung aus der Laufzeit der Relais, den Spannungswerten bei Kurzschluß und den Relais-Zeitkennlinien,
4. Fehlerortbestimmung mittels besonderer Meßeinrichtungen, die betriebsfremde Frequenz oder Gleichspannung erfordern.

Die ersten drei Gruppen der Fehlerortermittlung sind als Grobmeßeinrichtungen, die letzte als Feinmeßeinrichtung zu werten. Während die Einrichtungen der ersten 3 Gruppen sich nur für die Ermittlung der Fehlerstelle bei Kurzschluß, Erdkurzschluß[3] und Doppelerdschluß eignen,

* Eingeg. 10. II. 1931.

[1] Unter Distanzrelais werden hier alle widerstandsabhängigen Relais, wie Impedanzrelais, Reaktanzrelais und Resistanzrelais, verstanden. Von Fall zu Fall wird die eine oder die andere Type besonders hervorgehoben.

[2] Siehe M. Walter, Selektivschutzeinrichtungen für Hochspannungsanlagen, S. 53 ... 56. Verlag R. Oldenbourg, München 1929.

[3] Erdkurzschluß ist die Durchbrechung der Isolation zwischen zwei oder drei Phasen und Erde am gleichen Ort.

gestatten die Einrichtungen der letzten Gruppe die Bestimmung des Fehlerortes auch bei sattem Erdschluß und Leiterbruch. Die genannten Einrichtungen sollen im folgenden einzeln beschrieben und hinsichtlich ihrer Leistung kritisch betrachtet werden.

1. Fehlerortbestimmung aus den Laufzeiten der Relais und ihren Zeitkennlinien.

Die Fehlerortbestimmung aus den Relaislaufzeiten und Relais-Zeitkennlinien wird in groben Zügen folgendermaßen vorgenommen: Man liest zunächst an den Schleppzeigern, Schlepptrommeln oder Zeitmessern der einzelnen Relais beider Enden der fehlerhaften Leitung die Laufzeiten ab. Hierbei ist zu beachten, daß die Zeitangabe-Einrichtungen bei

Abb. 3. Zeitkennlinien eines BBC-Distanzrelais für einen bestimmten $\cos\varphi$.

einigen Distanzrelais-Ausführungen die Laufzeit nur bis zum Schließen oder Öffnen des Auslösekreises angeben, bei anderen dagegen die Relaislaufzeit bis zur vollständigen Abschaltung des Kurzschlußstromkreises festhalten. Bei der letzteren Ausführung werden somit auch die Eigenzeit der Auslöser und die Eigenzeit der Hochspannungschalter zuzüglich der Lichtbogenlöschzeit mit erfaßt. Bei manchen Relaistypen wird sogar der Relaisnachlauf mit angezeigt. Sind die Laufzeiten der Relais untereinander an einem Ende der betroffenen Leitung verschieden, so sind — mit Rücksicht auf das während der Kurzschlußdauer mögliche Übergehen eines zweipoligen Kurzschlusses in einen dreipoligen oder umgekehrt — für die Fehlerortbestimmung stets die längsten Laufzeiten zu nehmen. An Hand der abgelesenen Relaislaufzeiten und der entsprechenden Relaiskennlinien, die die Laufzeit als Funktion der Sekundärimpedanz oder der Leitungslänge angeben (Abb. 1 ... 4), ermittelt man die Entfernung des Fehlerortes, indem man entweder nur von einem Leitungsende ausgeht oder von beiden Enden. Im letzteren Falle führt ein Vergleich der ermittelten Werte zu einer Fehlerkorrektur. Ist die Summe der ermittelten Entfernungen l_a und l_b größer als die gesamte Länge l der kurzgeschlossenen Leitung, $(l_a + l_b) > l$, so ist der Fehler im Überlappungsbereich m zu suchen; ist sie kleiner, $(l_a + l_b) < l$, so schließt man auf einen Fehler im Zwischenbereich (Abb. 5).

Abb. 4. Zeitkennlinien eines neuen Distanzrelais der AEG für einen bestimmten $\cos\varphi$.

Die Fehlerortbestimmung aus der Relaislaufzeit und den Relais-Zeitkennlinien ist verhältnismäßig einfach, jedoch wenig zuverlässig. Ihre Genauigkeit wird in der Hauptsache durch die Stromabhängigkeit, die $\cos\varphi$-Abhängigkeit und den nicht linearen Verlauf der Zeitkennlinien einzelner Relais beeinträchtigt. Gerade in dem meist anzuwendenden Bereich zwischen 0 und 1,5 Ω sekundärer Impedanz geben die Zeitkennlinien oft ungenaue Anhaltspunkte. Auch ist die von der Impedanz der Kurzschlußschleife abhängige Laufzeit der Relais bei den meisten Außenschaltungen bei zwei- und dreipoligem Kurzschluß verschieden[4]. Die Grundzeit[5] bleibt dagegen bei gleich hohem Strom bei zwei- und dreipoligem Kurzschluß unveränderlich, so daß die Arbeitszeiten der Relais, d. h. die Grundzeiten zuzüglich der impedanzabhängigen Laufzeiten, sich in Wirklichkeit meist nur wenig unterscheiden. (Der zweipolige Kurzschluß kann in den meisten Fällen vom dreipoligen durch die an einem Satz Distanzrelais ausgelösten Fallklappen oder durch die Zeitangabe-Einrichtungen unterschieden werden.) Außerdem kann die Laufzeit der Impedanzrelais noch durch den Lichtbogenwiderstand bei Kurzschluß sowie durch den Erdübergangs-Widerstand bei Erdkurzschluß erhöht werden[6]; diese Umstände erschweren wiederum das Ermitteln des Fehlerortes. Ganz irreführend können die Zeitangaben der Schleppzeiger, Schlepptrommeln und Zeitmesser werden, wenn diese nach jedem Kurzschluß oder Doppelerdschluß, auch wenn die Störungen nur vorübergehend waren, z. B. an Gewitter- und Sturmtagen, nicht wieder von Hand in die Anfangsstellung gebracht werden. Für Pendelerscheinungen (Einschwingungsvorgänge) trifft dies natürlich auch zu. Dieser Mangel der Zeitangabe-Einrichtungen an den bekannten Distanzrelais ist allerdings konstruktiv leicht zu beheben, indem die Einrichtungen so ausgelegt werden, daß sie bei den nicht auslösenden Relais selbsttätig wieder in die Ausgangsstellung zurückgezogen werden. Verwendet man an Stelle

—•— Distanzrelais mit Zeitangabe
—o— „ ohne „

Abb. 5. Zweipolig kurzgeschlossene Drehstromleitung, deren Abschaltung durch Distanzrelais veranlaßt wurde.

Abb. 6. Spannung-Zeit-Schreiber der Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen, einphasig.

Abb. 7. Spannung-Zeit-Schreiber der AEG, einphasig.

[4] Vgl. a. E. Groß, Fortschritte auf dem Gebiete des Selektivschutzes, Beilage IV, S. 7, zum Protokoll über die II. Hauptversammlung in Franzensbad des deutschen Verbandes der Elektrizitätswerke in CSR., Karlsbad 1930.

[5] Unter Grundzeit eines Distanzrelais versteht man die Laufzeit, die es bei der Sekundärimpedanz $z_2 = 0\ \Omega$ bis zur Betätigung des Auslösekreises benötigt.

[6] Distanzrelais in Reaktanzschaltung messen in diesen Fällen die Fehlerentfernung genauer. Näheres über Lichtbogen- und Erdübergangs-Widerstände s. bei M. Walter, Bestimmung der Sekundärimpedanz für verschiedene Fehlerarten, Elektrizitätswirtsch. Bd. 30, S. 430 (1931).

der Schleppzeiger, Schlepptrommeln oder Zeitmesser Vielfachzeitschreiber[7], die im Störungsfalle durch die Ansprechglieder der Distanzrelais über Hilfskontakte auf schnelleren Vorschub, z. B. 10 mm/s, umgeschaltet werden, so ist die beschriebene Schwierigkeit beseitigt; denn die Schreibgeräte sind vollselbsttätig, d. h. sie gehen nach jedem Ansprechen selbsttätig wieder in ihre volle Betriebsbereitschaft. Außerdem schließen die Vielfachzeitschreiber Irrtümer durch falsches Ablesen der Relaislaufzeiten seitens der Wärter aus. Die Vielfachzeitschreiber der bekannten Ausführungen (S & H und H & B) haben gewöhnlich je 12 Schreibfedern, so daß bei dreipoliger Schutzeinrichtung ein Vielfachzeitschreiber für vier Hochspannungsschalter einer Drehstromanlage ausreicht. Die Aufzeichnungen der Phasen läßt man dabei vorteilhaft durch verschiedenfarbige Tinten ausführen.

2. Fehlerortbestimmung aus den Spannungswerten.

Die Fehlerortbestimmung mittels Spannungswerten, gemessen zwischen den kurzgeschlossenen Leitern an den Sammelschienen der einzelnen Stationen, soll weiter unten an zwei Beispielen (Doppelleitungen mit einseitiger Speisung und Ringleitungen mit einseitiger Speisung) erläutert werden. Vorher sei kurz auf die zur Messung der Spannungswerte erforderlichen Spannung-Zeit-Schreiber eingegangen.

Abb. 8. Spannung-Zeit-Schreiber der Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen, dreiphasig.

Die Abb. 6 und 7 zeigen zwei einphasige Spannung-Zeit-Schreiber, die sich seit 3 Jahren in der Praxis für Zwecke der allgemeinen Störungsklärung bewährt haben. In Abb. 8 ist der kürzlich herausgebrachte dreiphasige Spannung-Zeit-Schreiber der Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen dargestellt[8].

a einphasige Spannung-Zeit-Schreiber
b Umschaltrelais
c Fünfschenkel-Spannungswandler
S.S. Sammelschiene
I_0 Summenstrom (Asymmetriestrom)
U_0 Nullpunktspannung

Abb. 9. Umschaltung der Spannung-Zeit-Schreiber von der verketteten Spannung auf die Spannung gegen Erde unter Zuhilfenahme des Summenstromes oder der Nullpunktspannung (Schaltung nach Biermanns für Distanzrelais; DRP. 419 725 vom 1. VI. 1924).

Die Spannung-Zeit-Schreiber sind ähnlich den Vielfachzeitschreibern vollselbsttätig, werden aber durch eigene Anregeglieder auf den schnellen Vorschub (10, 20 oder 25 mm/s) umgeschaltet[9]. Sie können durch Unterspannungs-, Überstrom- oder Unterimpedanz-Ansprechglieder angeregt werden[10]. Falls ihre Voltmeter zur Registrierung der Spannung bei Kurzschluß und evtl. bei Überlastung normal an der verketteten Spannung liegen, so ist es zweckmäßig, sie bei Doppelerdschluß, Erdkurzschluß und Erdschluß unter Benutzung der Nullpunktspannung, des Asymmetriestromes oder der Nullpunktleistung an die Spannung zwischen dem kranken Leiter und Erde zu legen (vgl. Abb. 9); sind dagegen ihre Voltmeter normal an die Spannungen gegen Erde gelegt, so können diese zur Messung der verketteten Spannung zwischen den kurzgeschlossenen Phasen durch Überstrom-, Unterspannungs- oder Unterimpedanzrelais entsprechend umgeschaltet werden.

a Einsetzen des Kurzschlusses
b volle Abschaltung des Kurzschlusses
c normaler Spannungszustand
t_1 Abschaltzeit der Relais an einem Leitungsende zuzüglich der Ölschalter-Eigenzeit
t_2 Abschaltzeit der Relais am anderen Leitungsende zuzüglich der Ölschalter-Eigenzeit
t_3 Erholungszeit der Spannung nach erfolgter Abschaltung des Kurzschlusses

Abb. 10. Spannungsdiagramm, aufgenommen mit einem Spannung-Zeit-Schreiber der Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen.

In den Abb. 10 und 11 sind zwei im Betrieb aufgenommene Spannung-Zeit-Diagramme wiedergegeben; sie zeigen den Spannungsverlauf und die Störungsdauer. Aus dem Verlauf solcher Spannungskurven lassen sich auch die Übergänge vom zweipoligen zum dreipoligen Kurzschluß und umgekehrt zeitlich feststellen, welcher Umstand bei den unter 1. und 3. angeführten Fehlerortbestimmungen von Bedeutung ist.

t_1 Abschaltzeit der Relais an einem Leitungsende zuzüglich der Ölschalter-Eigenzeit
t_2 Abschaltzeit der Relais am anderen Leitungsende zuzüglich der Ölschalter-Eigenzeit
t_3 Erholungszeit der Spannung nach erfolgter Abschaltung des Kurzschlusses

Abb. 11. Spannungsdiagramm, aufgenommen mit einem Spannung-Zeit-Schreiber der AEG.

Die Spannung-Zeit-Schreiber für Fehlerortermittlung baut man zweckmäßig in alle Stationen ein, in denen Distanzrelais installiert sind. Je Station genügt ein dreiphasiger Schreiber. Bei Verwendung von selbsttätigen Umschalteinrichtungen genügt je Station auch ein zweiphasiger, unter Umständen sogar auch ein phasiger Spannung-Zeit-Schreiber.

Beispiel 1. Die Speisung der Doppelleitungen in Abb. 12 erfolge nur durch das Kraftwerk *I*. Auf der Leitung *3* entstehe ein zwei- oder dreipoliger metallischer Kurzschluß. Die Leitung *4* habe die gleichen Leitungskonstanten wie die Leitung *3*. Der Spannung-Zeit-Schreiber in der Station *B* registriere in einem bestimmten Zeitpunkt des Kurzschlusses zwischen den kurzgeschlossenen Phasen die Spannung U_B, der Spannung-Zeit-Schreiber in der Station *C* im gleichen Zeitpunkt die Spannung U_C. Beide Werte werden auf

[7] M. Skirl, Elektrische Messungen, S. 404 ... 405. Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin 1928. — S. a. die Ausführungen von M. Neustädter in dem Buch von R. Rüdenberg, Relais und Schutzschaltungen in elektrischen Kraftwerken und Netzen, S. 273 ... 274. Verlag Julius Springer, Berlin 1929.

[8] Techn. Mitt. d. Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen, Aug. 1930, H. 39; ETZ 1928, S. 1859.

[9] Die Trommeln der Spannungschnellschreiber der Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen laufen dauernd mit 25 mm/s Umdrehungsgeschwindigkeit. Im Störungsfall werden die sonst arretierten Schreibzeiger freigegeben.

[10] Näheres über derartige Ansprechglieder bei M. Walter, wie Fußnote 2, S. 9 ... 15.

der Auswertungsgeraden AD im entsprechenden Maßstab senkrecht aufgetragen, wie Abb. 12 zeigt. Verbindet man die Endpunkte der Vektoren U_B und U_C durch eine Gerade, verlängert sie bis zur Grundlinie AD und klappt das so entstandene Dreieck U_COC um die Kathete U_CC um, so gibt der Punkt K den Fehlerort auf der Leitung *3* an. Die Spannungsdifferenz zwischen U_B und U_C entspricht dem Spannungsabfall auf der Leitung *4*, die Spannungsdifferenz U_CO dem Spannungsabfall auf dem Leitungstück CK der Leitung *3*.

Abb. 12. Fehlerortbestimmung in einem Netz mit Doppelleitungen unter Zuhilfenahme der Spannung zwischen den kurzgeschlossenen Phasen in zwei Stationen.

Handelt es sich um einen Kurzschluß mit hohem Widerstand an der Fehlerstelle (vor allem Lichtbogen-Kurzschluß, evtl. auch Erdkurzschluß), so liegt der Fehler seitlich vom Schnittpunkt K. Ähnliche Verhältnisse ergeben sich, wenn die Speisung der Doppelleitungen nur vom Kraftwerk *II* erfolgt. Bei beiderseitiger Speisung der Doppelleitungen führt die Fehlerortbestimmung mittels der Spannungswerte zu Komplikationen. Dann kann der Fehlerort nach der 3. Methode ermittelt werden.

Abb. 13. Fehlerortbestimmung in einem Ringnetz mit Hilfe der Spannung, gemessen zwischen den kurzgeschlossenen Phasen in vier Stationen.

Beispiel 2. In einseitig gespeisten R i n g n e t z e n bestimmt man den Fehlerort aus Spannungsaufzeichnungen von 4 Stationen (vgl. Abb. 13). Hierzu trägt man auf der Auswertungsgeraden AD die betreffenden Spannungswerte U_A, U_B, U_C und U_D zu einem bestimmten für alle Stationen gleichen Zeitpunkt in Abständen entsprechend den jeweiligen Leitungs-Scheinwiderständen auf und zieht danach die Verbindungsgeraden bis zum Schnittpunkt. Berührt der Schnittpunkt die Auswertungsgerade AD, so liegt ein metallischer Kurzschluß vor, d. h. der Übergang des Stromes zwischen den kurzgeschlossenen Leitern vollzieht sich widerstandslos; andernfalls hat man es mit einem zusätzlichen Widerstand an der Kurzschlußstelle zu tun, d. h. es liegt ein Lichtbogen-Kurzschluß oder ein Erdkurzschluß vor. Hier ist dann der Spannungsabfall auf den Leitungen zwischen den Stationen nicht mehr geradlinig, sondern er ändert sich nach einer Hyperbel[11]. Diese Erscheinung ist auf den Einfluß des Lichtbogen- oder Erdübergangs-Widerstandes zurückzuführen, die beide, wie bekannt, vornehmlich ohmschen Charakter tragen. Der hyperbelartige Verlauf des Scheinwiderstandes bzw. der Kurzschlußspannung läßt sich durch die geometrische Addition der Wirk- und Blindwiderstände in der wirksamen Kurzschlußschleife leicht nachweisen. In derartigen Fällen benutzt man dann zur Fehlerortermittlung Ersatzgeraden, die über die in den einzelnen Stationen gemessenen Spannungswerte führen. In Abb. 13 ist der Verlauf der Spannungsabfälle der Einfachheit halber nur durch Ersatzgeraden dargestellt. Die Fehlerortermittlung bleibt dabei immer noch verhältnismäßig genau. Man könnte annehmen, daß die aus den Stationen B und C der Abb. 13 herausfließenden Kurzschlußströme infolge einer erhöhten Stromabnahme durch Motoren, Umformer u. dgl. in diesen Stationen kleiner sind als die hineinfließenden und demzufolge der Verlauf des Spannungsabfalles noch weiter gefälscht werden würde[12]. Dies braucht jedoch im allgemeinen nicht befürchtet zu werden, da der Kurzschluß ein so großer Verbraucher ist, daß ihm gegenüber die normale Netzbelastung vollkommen zurücktritt.

Falls Leitermaterial und Leiterquerschnitte der einzelnen Leitungstrecken untereinander verschieden sind, so sind für die Fehlerortbestimmung entsprechende Umrechnungen vorzunehmen.

Die Fehlerortbestimmung mittels der Spannungswerte ist für einige besondere, aber häufig anzutreffende Netzgebilde, wie Doppelleitungen mit einseitiger Speisung, einfache Ringleitungen u. dgl., genauer als die der Gruppe 1., was bei langen Leitungen besonders ins Gewicht fällt. Außerdem arbeiten die Spannung-Zeit-Schreiber vollselbsttätig. Bei vermaschten Netzen führt die Ermittlung der Fehlerstelle nach dieser Methode jedoch zu umständlichen Rechnungen. In solchen und noch einigen anderen Fällen greift man dann, wie oben schon einmal erwähnt, zur Fehlerortbestimmung nach Gruppe 3., d. h. zur Laufzeit der Relais, zu den Spannungswerten und zu den Relais-Zeitkennlinien. Die Fehlerortbestimmung gemäß Gruppe 2. stellt somit nur eine Teillösung dar. Die Anwendung der Spannung-Zeit-Schreiber bietet jedoch für die allgemeine Störungsklärung weitere Vorteile. Aus den Spannungsdiagrammen Abb. 10 und 11 ist nämlich auch das Verhalten der Strom- und Spannungsregler der Generatoren unmittelbar nach der Störung ersichtlich. Schwebungen bei Pendelerscheinungen werden gleichfalls aufgezeichnet.

l Entfernung der Kurzschlußstelle K in km
r Wirkwiderstand je Phase in Ω
x Blindwiderstand je Phase in Ω
I_k Kurzschlußstrom in A
r_1 Wirkwiderstand an der Kurzschlußstelle in Ω
U_1 Spannung in V
$z_1 = \sqrt{r^2 + x^2}$ Impedanz je Phase in Ω

Abb. 14. Spannungsermittlung in einer Kurzschlußschleife.

Die Aufzeichnung der Spannung bei Kurzschluß gibt aber auch wertvolle Anhaltspunkte für das Studium der Lichtbogenwiderstände. Dies sei an Hand eines einfachen Beispiels erläutert. Im Leitungsabzweig der Abb. 14 entstehe in l [km] Entfernung ein zweipoliger Kurzschluß, und der Spannung-Zeit-Schreiber in der Station A registriere zu einem bestimmten Zeitpunkt t während der Kurzschlußdauer die Spannung U_1. Will man nun nach Kenntnis der Fehlerstelle wissen, ob die Überbrückung der kranken Phasen R und S über einen hohen Widerstand oder praktisch widerstandslos erfolgt ist, so braucht man nur die Spannung in der Station A für den m e t a l l i s c h e n Kurzschluß aus der Beziehung

$$U_2 = I_k \sqrt{(2\,r)^2 + (2\,x)^2} = I_k \,.\, 2\,z_1 \qquad (1)$$

nachzurechnen, wozu allerdings der Kurzschlußstrom I_k vorher ermittelt werden muß. Ist dabei

$$U_1 = U_2,$$

so handelt es sich um einen metallischen Kurzschluß. Ist hingegen

$$U_1 > U_2,$$

so liegt ein Kurzschluß über L i c h t b o g e n oder über einen anderen Widerstand vor. Hierfür nimmt dann Gl. (1) die Form an:

$$\left.\begin{aligned} U_1 &= I_k \sqrt{(2\,r + r_1)^2 + (2\,x)^2} \\ &= U_2 \hat{+} I_k\, r_1, \end{aligned}\right\} \qquad (2)$$

[11] Diesem Umstand muß auch beim Impedanzschutz Rechnung getragen werden, insbesondere beim Festlegen impedanzabhängiger Staffelzeiten in nichtvermaschten Netzen.

[12] Es kann auch vorkommen, daß solche Maschinen, statt im Kurzschlußfalle Strom zu beziehen, Fehlerstrom nach der Kurzschlußstelle liefern.

wobei r_1 den Widerstand an der Kurzschlußstelle bedeutet. Die Größe des Kurzschlußwiderstandes r_1 kann aus Formel (2) leicht ermittelt werden.

Die Skala der bekannten Spannung-Zeit-Schreiber haben eine quadratische Charakteristik. Für die genaue Fehlerortbestimmung sollten die Meßbereiche zwischen 0 und 50 V mehr auseinandergezogen werden, um gerade in diesem Bereich bei Netzstörungen genauere Meßwerte zu erzielen. Neuerdings liefert die AEG ihren Spannung-Zeit-Schreiber mit einer solchen Charakteristik, die dem Voltmeter des N-Relais (Impedanzrelais der AEG) entnommen ist (Abb. 15). Eine praktisch lineare Charakteristik der Skalen

Abb. 15. Neue Voltmeterskala des Spannung-Zeit-Schreibers der AEG.

erzielt man durch Verwendung von Drehspul-Voltmetern mit Trockengleichrichtern (Kupferoxydul- oder Selen-Gleichrichtern). Diese beeinflussen die Meßwerte allerdings etwas ungünstig, weil sie von der Kurvenform und von der Raumtemperatur nicht unbeträchtlich abhängig sind; für die Praxis dürfte die Meßgenauigkeit in den meisten Fällen jedoch ausreichend sein.

3. Fehlerortbestimmung aus Relaislaufzeiten, Spannungswerten und Relais-Zeitkennlinien.

Die Fehlerortbestimmung aus der Laufzeit der Relais, den Spannungswerten bei Kurzschluß und den Relais-Zeitkennlinien kann folgendermaßen vorgenommen werden. Man stellt zunächst die reine Laufzeit der Relais bis zum Kontaktschluß an Hand der Schleppzeiger, Schlepptrommeln, Zeitmesser oder Vielfachzeitschreiber fest, ferner die Spannung, aufgezeichnet durch die Spannung-Zeit-Schreiber kurz vor dem Auslösen der Distanzrelais bzw. der Ausschaltung der Hochspannungsschalter; dabei sind für die Fehlerortbestimmung die längste Relaislaufzeit und die Spannungen zwischen den kurzgeschlossenen Phasen an jedem Ende der schadhaften Leitung maßgebend. Hierauf wird aus einer Kurvenschar, die die Laufzeit der Relais als Funktion der Spannung bei verschiedenen Strömen darstellt (Abb. 16), der

Abb. 16. Zeitkennlinien eines N-Relais für verschiedene Ströme.

Kurzschlußstrom i ermittelt, der der Relaislaufzeit t und der Relaisspannung u entspricht. Der Quotient aus Spannung u und Strom i, beide gemessen auf der Sekundärseite der Wandler bzw. an den Klemmen der Relais, entspricht der Sekundärimpedanz der Kurzschlußschleife: $z_2^{II} = 2\,z_2 = u/i$. Die Sekundärimpedanz[12a] kann auch aus der Kurvenschar der Abb. 1 ermittelt werden, wenn man die Relaislaufzeit t und den aus der Kurvenschar (Abb. 16) gefundenen Relaisstrom i zu Hilfe nimmt. Bei dem letzten Verfahren kann gleichzeitig auch die ungefähre Fehlerentfernung abgelesen werden. Die Bestimmung des Fehlerortes kann natürlich auch aus Kurvenscharen vorgenommen werden, die den Beziehungen $t = f(u)$ bei $z_2 =$ konst. oder $t = f(z_2)$ bei $u =$ konst. entsprechen.

Bei einem Kurzschluß über höhere Lichtbogen- oder Erdübergangs-Widerstände werden die ermittelten Widerstandswerte bzw. Fehlerentfernungen natürlich zu hoch ausfallen. Solche Fehler können jedoch leicht ausgeglichen werden, wenn man die Untersuchung auch vom anderen Ende der Leitung aus vornimmt und einen Vergleich der gefundenen Werte anstellt. Stimmt die Summe der Fehlerentfernungen nicht mit der Gesamtlänge der fehlerhaften Leitungstrecke überein, so wird die Bestimmung des Fehlerortes ähnlich wie bei der Fehlerortbestimmung nach Gruppe 2. vorgenommen (s. a. Abb. 5).

Das hier beschriebene Verfahren zur Bestimmung des Fehlerortes ist dem ersten an Genauigkeit, dem zweiten hinsichtlich des Anwendungsbereichs weit überlegen. Es ist genauer als das Verfahren nach 1., weil es den Einfluß der Höhe des Stromes auf die Laufzeit der Relais miterfaßt[13] und weil es für Überprüfungen mehrere Kontrollmöglichkeiten bietet. Die Spannung-Zeit-Schreiber unterstützen dieses Verfahren, indem sie außer der absoluten Spannungshöhe auch das Übergehen eines zweipoligen Kurzschlusses in einen dreipoligen oder umgekehrt zeitlich eindeutig anzeigen und mitunter auch die Abklingungszeit des Stoßstromes aufzeichnen; außerdem sind sie vollselbsttätig. Diese Art Fehlerortbestimmung ist in beliebigen Netzgebilden anwendbar und kann somit in Verbundnetzen als Einheitsverfahren verwendet werden.

4. Fehlerortbestimmung durch besondere Meßeinrichtungen.

Die Fehlerortbestimmung mittels Meßeinrichtungen[14] wird hier nur kurz erörtert, da hierüber schon an anderen Stellen ausführlich berichtet worden ist. So beschreibt Poleck[15] ein Fehlerort-Meßgerät für Hochspannungs-Freileitungen, das in Brückenschaltung und mit betriebsfremder Meßfrequenz (100 Hz) arbeitet. Die Einrichtung besteht im wesentlichen aus Meßinstrumenten, Regelapparaten und einem Periodenumformer, die in einem ortsfesten Meßschrank vereinigt sind. Sie gestattet die Ermittlung des Fehlerortes bei Kurzschluß, Erdschluß und Leiterbruch auf Entfernungen bis zu 250 km. Gemessen wird je nach der Fehlerart entweder die Induktivität L oder die Kapazität C. Die Messung ist nur bei abgeschalteten Leitungen mit Durchschaltung[16] möglich. Bei sattem Kurzschluß und bei sattem Erdschluß wird die Entfernung des Fehlers bis zu 1 km genau gemessen.

Weiter berichtet Röhrig über ein universelles Meßverfahren[17], das im Elektrotechnischen Institut der T. H. Aachen entwickelt wurde. Dieses setzt die Verwendung von Gleichspannung voraus und gestattet die Bestimmung des Fehlerortes bei Kurzschluß, Erdschluß und Leiterbruch sowohl bei ausgeschalteten als auch bei eingeschalteten Leitungen. Es ist wirksam für praktisch unbegrenzte Leitungslängen.

Die Meßeinrichtungen nach 4. haben gegenüber denen der Gruppen 1., 2. und 3. den Nachteil, daß sie bei Kurzschluß über Lichtbogen[18] die Fehlerortermittlung nicht gestatten, da bekanntlich der Lichtbogen nach wenigen Sekunden abreißt, sei es durch eigenen Auftrieb oder infolge Abschaltung der Leitung. Die darauf folgende Messung versagt, weil die Überbrückung der Leiter bereits aufgehoben ist. Diese Annahme trifft sinngemäß auch für den Erdschluß zu, dessen Lichtbogen aus irgendeinem Grunde erlosch. Die vom Lichtbogen angefressenen Leitungstellen können sodann nur durch Abgehen der kranken Strecke gefunden werden.

Zum Schluß sei noch auf eine kuriose Fehlerortermittlung hingewiesen, die seit Jahren in Freileitungsnetzen erfolgreich angewendet wird, nämlich auf die optische Feststellung des Fehlerortes. Viele Überlandwerke belohnen Personen, die über Lichtbogenerscheinungen und sonstige Störungen telephonisch Mitteilung machen. Man hat festgestellt, daß die Bevölkerung die Freileitungen bei Gewitter und Rauhreif besonders scharf beobachtet. Dieses praktische Verfahren versagt jedoch bei Nebel und Schneesturm, ferner in schwach besiedelten Gegenden.

[12a] Wie Fußnote 6.

[13] Bei diesem Verfahren steht somit außer der Zeit t und der Spannung u auch der jeweilige Strom i, der aus einer Kurvenschar ermittelt wird, zur Verfügung.

[14] S. a. P. Bernett, Die Bekämpfung des Erd- und Kurzschlusses in Höchstspannungsnetzen, S. 22 ... 36. Verlag R. Oldenbourg, München 1927.

[15] Poleck, Siemens-Z. Bd. 10, S. 153 (1930).

[16] Unter Durchschaltung versteht man die Verbindung zweier oder mehrerer Leitungstrecken, von deren Sammelschienen in den einzelnen Stationen keine weiteren Leitungen abgehen und die selbst zwischen den einzelnen Stationen keine Abzweige haben.

[17] Röhrig, ETZ 1931, S. 241.

[18] Lichtbogen-Kurzschlüsse sind in Freileitungsnetzen vorherrschend.

Die Leitung im Dienste des Rundfunks*.

Von Ministerialrat **K. Höpfner**, Berlin.

Übersicht. Anforderungen des Rundfunks an die Leitungen für die Übertragung von Sprache und Musik sowie Maßnahmen der Deutschen Reichspost zur Bereitstellung geeigneter Leitungen, im einzelnen: Breite des übertragenen Frequenzbandes (erläutert durch Versuche). — Bauart der Leitungen. — Nebensprech- und Geräuschfreiheit der Leitungen. — Phasenverzerrung und Phasenentzerrung. — Maßnahmen zur Milderung der nichtlinearen Vorgänge in den Leitungen. — Übertragbarer Lautstärkenbereich. — Ausgleich des Temperatureinflusses auf die Dämpfung der Leitungen. — Systematischer Aufbau einer Rundfunk-Kabelleitung und Ausdehnung der Entzerrung auf die Ortsleitungen. — Maßnnhmen zur Sicherung eines guten Betriebszustandes der Leitungen. — Das Rundfunk-Kabelnetz der Deutschen Reichspost in seinem gegenwärtigen und künftigen Ausbau. — Rundfunkleitungen im Ausland. — Vorführung einer Rundfunkübertragung über eine längere Fernkabelleitung.

Im Rundfunkbetriebe sind die Leitungen ein unentbehrliches Hilfsmittel geworden. Zunächst bestand ihre Aufgabe darin, die im Weichbilde der Städte liegenden Senderäume mit den Rundfunksendern zu verbinden, die neuerdings immer weiter außerhalb des Weichbildes der Städte errichtet werden. Beim weiteren Ausbau der Rundfunksendernetze fiel den Leitungen eine zweite wichtige Aufgabe zu: den störungsfreien Programmaustausch zwischen den verschiedenen Sendebezirken innerhalb eines Landes und mit denen des Auslandes zu ermöglichen. In dieser Beziehung sind die Leitungen eine wertvolle Ergänzung des Rundfunkbetriebes, der die Aufgabe des Programmaustausches auf drahtlosem Wege infolge atmosphärischer Störungen, wegen der Interferenz mit wellennahen Sendern und vor allem wegen der unvermeidlichen Schwundvorgänge der Raumwellen nur unvollkommen erfüllen kann. Zum dritten finden die Leitungen einen zunächst noch bescheidenen Wirkungsbereich in der Verteilung von Rundfunkdarbietungen an die Hörer unmittelbar vom Senderaum aus oder im Anschluß an zentrale Rundfunk-Empfangsanlagen. Auf diese dritte Art der Aufgabe der Leitung im Dienste des Rundfunks wird hier nicht eingegangen, weil die Entwicklung auf diesem Gebiete noch nicht abgeschlossen ist.

Der Rundfunk stellt an die Leitungen Anforderungen, die weit über das hinausgehen, was der Fernsprechbetrieb von den Leitungen verlangt. Während der Fernsprechbetrieb im wesentlichen nur darauf Wert legt, daß die Verständlichkeit des übermittelten Wortes nicht leidet, und auf die vollkommen naturgetreue Wiedergabe des Wortes mehr oder weniger verzichtet, schon weil die Fernsprechapparate diese Aufgabe nur unvollkommen erfüllen, fordert der Rundfunk, daß die Darbietung aus dem Aufnahmeraum ohne irgendwelche merkbare Verzerrung und ohne irgendwelche Störungserscheinungen über die Leitung auf den Sender übertragen wird und von dem Lautsprecher des Empfangsgeräts so naturgetreu wiedergegeben wird, wie man sie im Aufnahmeraum selbst hört. Diese Forderung verlangt von allen Teilen des Übertragungssystems sehr weitgehende Freiheit von Verzerrungen und Störungen, insbesondere auch von den Leitungen zwischen dem Aufnahmeraum und dem Sender. Im einzelnen muß die Leitung die vom Mikrophon in elektrische Ströme umgesetzten Töne innerhalb eines sehr breiten Frequenzbandes ohne Benachteiligung oder Bevorzugung irgendeiner Frequenz oder eines Frequenzgebietes übertragen; sie darf an dem gegenseitigen Verhältnis der Lautstärke der verschiedenen Töne nichts ändern; sie muß vermeiden, durch nichtlineare Vorgänge Töne zu erzeugen, die im ursprünglichen Tonbild nicht vorhanden waren; sie darf ferner die verschiedenen Töne in ihrem gegenseitigen zeitlichen Verhältnis nicht verändern; sie muß also alle Töne gleich schnell übertragen; die Leitung darf ferner keine Fremdstörungen aufnehmen, die aus anderen Fernmeldeleitungen oder aus elektrischen Licht- und Kraftanlagen herrühren; auch in ihrem eigenen Aufbau darf die Leitung keine Geräuschquellen enthalten. Ganz allgemein gesagt, die Leitung muß so vollkommen übertragen, daß der Rundfunkhörer den Eindruck gewinnt, die Darbietung würde unmittelbar auf den Sender übertragen.

* Vortrag, gehalten in der außerordentlichen Sitzung des Elektrotechnischen Vereins am 20. I. 1931.

Von allen Anforderungen des Rundfunks an die Leitungen ist die der Fähigkeit, ein möglichst breites Frequenzband zu übertragen, die wichtigste. Wollte man sich das Ziel setzen, eine musikalische Darbietung in derselben Güte wiederzugeben, wie wir sie im Konzertsaal gewohnt sind zu hören, so müßte man ein Frequenzband von etwa 20 bis nahe an 20 000 Hz übertragen. An und für sich könnte man die Leitungen durch geeigneten Aufbau hierzu befähigen, allerdings mit großem Kostenaufwand, wenn es sich um Kabelleitungen handelt. Aber der Rundfunk selbst bedingt durch seine gegenwärtige Wellenverteilung sowie durch die Bauart der Empfänger bereits eine wesentliche Beschränkung des Frequenzbandes. Durch internationale Vereinbarungen ist festgelegt worden, daß benachbarte Rundfunkwellen bis auf einen Abstand von 9000 Hz einander genähert werden dürfen. Da jeder Sender zwei Seitenbänder ausstrahlt, dürfte das Frequenzband, streng genommen, nur bis 4500 Hz ausgedehnt werden, um Interferenzen zwischen zwei Sendern mit benachbarten Wellen zu vermeiden. Würde man sich international

——— wirklicher Tonbereich
– – – – Bereich des Begleitgeräusches
× Frequenzgrenzen, bei denen 80% aller Beobachter die Frequenzbegrenzung durch Filter beobachten konnten

Abb. 1. Frequenzbereich verschiedener Musikinstrumente (nach Clark Green).

dahin einigen, nur ein bestimmtes Seitenband auszustrahlen, so bestände die Möglichkeit, das Frequenzband, ohne Interferenzerscheinungen hervorzurufen, bis nahe an 9000 Hertz auszudehnen. Die Frage, ob künftig beide oder nur ein Seitenband ausgestrahlt werden sollen, wird in diesem Jahre auf der Tagung des Internationalen Beratenden Ausschusses für den Funkverkehr erörtert werden. Ob man sich zur Ausstrahlung nur eines Seitenbandes entschließen wird, ist mit Rücksicht auf gewisse Nachteile dieses Verfahrens für den Empfang allerdings zweifelhaft. Wir müssen daher weiter mit der zweibandigen Ausstrahlung rechnen und haben uns deshalb die Frage vorzulegen, ob es statthaft ist, das Frequenzband der Modulation über 4500 Hz hinaus auszudehnen. Die Antwort auf diese Frage wird erleichtert durch die Tatsache, daß Rundfunksendern am gleichen Ort nie unmittelbar benachbarte Wellen zugewiesen werden. Die Hörer innerhalb eines Bereichs guten Empfangs vom eigenen Sender her werden kaum durch andere ferne Sender mit benachbarten Trägerwellen gestört werden, da die vom eigenen Sender an der Empfangstelle erzeugte Feldstärke im allgemeinen stets wesentlich größer sein wird als die vom fernen Sender herrührende. Diese Hörer sind also in der Lage, das breitere Frequenzband ohne Störung durch andere Sender aufzunehmen, vorausgesetzt allerdings, daß sie hierfür geeignete Empfänger besitzen. Weiter entfernt wohnende Hörer jedoch können Störungserscheinungen beobachten, wenn sie zwei Sender hören, die benachbarte Wellen mit verbreitertem Frequenzband ausstrahlen, und

wenn sie mit Apparaten empfangen, die befähigt sind, ein über 4500 Hz hinausgehendes Frequenzband aufzunehmen und wiederzugeben. Bedenkt man nun, daß die Mehrzahl der Rundfunkhörer im Bereich guter Empfangsmöglichkeit vom eigenen Sender her wohnt, so ist es durchaus gerechtfertigt und wünschenswert, diesen Hörern durch Ausdehnung des Frequenzbandes die Möglichkeit zu eröffnen, die Rundfunkdarbietungen vollkommener zu empfangen. Die Frage, wieweit man mit dem Fre-

Abb. 2. Dämpfung der Ortskabelleitung ohne und mit Entzerrung.

qenzband für Musik- und Sprachübertragungen gehen solle, um eine gute Wiedergabe am Empfänger zu erzielen, ist wiederholt erörtert worden; ich erinnere an die Untersuchungen von K. W. Wagner aus dem Jahre 1924 und an die grundlegenden Arbeiten von Helmholtz, Stumpf und Miller. Wenn hier versucht wird, noch einmal auf die Frage des Frequenzbandes, das man übertragen sollte, einzugehen, so geschieht dies nur, um fest-

I ohne Entzerrung *II* mit Entzerrung *III* Entzerrer

Abb. 3. Frequenzkurve des Lautsprechers.

zustellen, wieweit es möglich ist, das theoretisch erwünschte Ziel mit dem, was praktisch erreichbar ist, in Übereinstimmung zu bringen.

Daß eine oberste Frequenz von 4500 Hz nicht allen Anforderungen einer guten Musikübertragung genügt, dürfte keinem Zweifel unterliegen. Es sind nur wenige Instrumentklänge, deren Obertöne unterhalb der Grenze von 4500 Hz liegen (Abb. 1). Die Mehrzahl der Instrumentklänge überschreitet diese Grenze erheblich. Selbst männliche und weibliche Stimmen enthalten Formanten, die oberhalb dieser Grenze liegen. Einige Instrumentklänge, wie der Klang der Geige in ihren höchsten Tonlagen, die Klarinette und andere, enthalten Obertöne und begleitende Geräusche, deren Frequenzlage selbst 10 000 Hz übersteigt. Hieraus folgt, daß man das Frequenzband bis etwa 10 000 Hz ausdehnen sollte. Man darf aber nicht außer acht lassen, daß die Gefahr der gegenseitigen Störungen wellenbenachbarter Sender wächst, je weiter man das Frequenzband nach oben erweitert. Man wird daher einen Grenzwert der Frequenz suchen müssen, bei dem einerseits die Güte der Übertragung nicht allzusehr Not leidet, bei dem anderseits die Gefahr der Interferenz noch erträglich ist. Die deutschen Rundfunkleitungen sind gegenwärtig so bemessen, daß sie als höchste Frequenz noch 6400 Hz genau so gut übertragen wie die mittlere Frequenz 1000 Hz. Wenn man als die wirksam übertragene höchste Frequenz diejenige ansieht, deren Dämpfung nicht mehr als 1 Neper größer ist als die für 1000 Hz, kann man sagen, daß das Frequenzband noch etwas weiter reicht, annähernd bis 7000 Hz. Die Reichspost hat die obere Frequenzgrenze zunächst auf 6400 bis 7000 Hz bemessen, weil in dem während der Entwicklungsjahre des Rundfunks schon vorhandenen Kabelnetz mit seiner durch den Fernsprechbetrieb gegebenen Verstärkerverteilung keine Möglichkeit bestand, eine Leitungsart zu schaffen, die befähigt war, noch höhere Frequenzen durchzubringen als 6400 ... 7000 Hz. In neuen Fernkabeln werden aber seit einiger Zeit Kabeladern für Rundfunkzwecke vorgesehen, für welche die Möglichkeit besteht, das Frequenzband noch etwas weiter, bis etwa 8000 Hz, auszudehnen. Damit würde auch der möglichen Weiterentwicklung der Rundfunkempfänger und Lautsprecher weitestgehend Rechnung getragen werden. Die Reichspost vertritt die Ansicht, daß auch ein Frequenzband bis 6400 oder 7000 Hz ausreicht, um Musik und Sprache befriedigend zu übertragen, wie durch Versuche nachgewiesen werden soll.

Was nun die untere Frequenzgrenze betrifft, so ersieht man aus Abb. 1, daß nur einige Musikinstrumente Frequenzen unterhalb 50 Hz erzeugen. Orgelpfeifen gehen mit der untersten Schwingungsfrequenz sogar bis etwa 16 Hz. Der Tonbereich des Klaviers geht herunter bis etwa 27 Hz. Es scheint jedoch, nach den bisherigen Erfahrungen zu urteilen, als ob die Natürlichkeit und Güte der Musikübertragung nur wenig leidet, wenn als untere Frequenzgrenze der gleichmäßigen Übertragung die Frequenz 50 Hz gewählt wird, besonders wenn man berücksichtigt, daß diese Grenze nicht bedeutet, daß die Frequenzen unterhalb 50 Hz vollkommen unterdrückt werden; sie werden ebenfalls übertragen, aber nicht mehr in demselben Grade wie die Frequenzen von 50 Hz

Abb. 4. Frequenzabhängigkeit der Ohrempfindlichkeit.

an. Außerdem ist zu beachten, daß die in den Klängen tiefer Tonlage vorhandenen Harmonischen der tiefsten Töne das Vorhandensein dieser Töne vortäuschen, selbst wenn die Grundtöne nicht oder nur schwach übertragen werden.

Die bisherigen Ausführungen werden durch einige Versuche erläutert. Benutzt werden einige Frequenzfilter, die es gestatten, alle Frequenzen oberhalb 5000, 6400 und 8000 Hz sowie unterhalb 100, 50 und 30 Hz zu unterdrücken. Diese Filter sind so bemessen, daß die Wechselströme bei den genannten Frequenzgrenzen um 0,5 Neper gegenüber den Wechselströmen bei 1000 Hz gedämpft über-

tragen werden, und daß die Frequenzkurve der Dämpfung für alle übrigen Frequenzen außerhalb des Übertragungsbereichs sehr steil ansteigt. Sprache und Musik für die Versuche werden vom „Hause des Rundfunks" über eine etwa 12 km lange Ortskabelleitung ohne induktive Zusatzbelastung in den Vortragsaal übertragen. Diese Leitung ist in dem Frequenzbereich von 30 ... 10 000 Hz entzerrt (Abb. 2). In dem gleichen Bereich ist auch der elektrodynamische Lautsprecher (mit beweglicher Spule im Magnetfeld) entzerrt worden (Abb. 3). Zunächst wird gezeigt, daß der benutzte Lautsprecher diese Frequenzen im ganzen Bereich von 50 ... 10 000 Hz wiedergibt; für einige obere und untere Frequenzgrenzen wird die Wirksamkeit der Filter vorgeführt. Es wird nun gezeigt, daß es auch für die Übertragung von Sprache wünschenswert ist, das Frequenzband über 5000 Hz hinaus zum mindesten bis etwa 6400 Hz auszudehnen. Die Zischlaute der Konsonanten werden etwas geschädigt, wenn die Frequenzen oberhalb 5000 Hz unterdrückt werden, während sich das Abschneiden aller Frequenzen oberhalb 6400 Hz kaum bemerkbar macht. Anderseits leidet die Sprachübertragung in keiner Weise, wenn man alle Frequenzen unterhalb 100 Hz unterdrückt. Bei der Übertragung von Musik bedarf es sorgfältig aufgebauter Versuchseinrichtungen, um das Abschneiden der Frequenzen unterhalb 100 Hz und oberhalb 5000, 6400, 8000 Hz zu erkennen. Besonders das Fehlen der tiefen Frequenzen unter 100 Hz ist schwer festzustellen. Es liegt dies einmal an der verringerten Ohrempfindlichkeit für diese Frequenzen (Abb. 4) und ferner an der schon erwähnten Erscheinung, daß die in den Instrumentklängen tiefer Tonlage stets vorhandenen Obertöne die Änderung des Klangcharakters verhindern, auch wenn der Grundton wegbleibt oder nur schwach übertragen wird. Werden die Obertöne übertragen, so wird das Vorhandensein des Grundtons vorgetäuscht. Man müßte schon Instrumente mit reinen Tönen verwenden, um das Abschneiden unterhalb 100 Hz so deutlich zu erkennen, wie bei dem Versuch mit den tiefen Tönen des Schwebungssummers gezeigt wurde. Wenn man die Leitungen so einrichtet, daß sie noch 50 Hz gut übertragen, scheint es wohl sicher zu sein, daß man eine Schädigung des Klangcharakters durch das Wegbleiben noch tieferer Frequenzen nicht zu erwarten haben wird.

Etwas deutlicher kennzeichnet sich das Abschneiden der Frequenzen oberhalb 5000 Hz, wenn man die Geige in hoher Tonlage spielen läßt. Die Ausdehnung des Frequenzbandes bis 6400 Hz ist in diesem Falle merklich, vielleicht auch noch, wenn man bis 8000 Hz geht. Zwischen einem Frequenzband bis 8000 Hz und einem solchen bis 10 000 Hz konnte bei der Versuchsanordnung kein Unterschied erkannt werden. Es gehört schon ein sehr geschultes Ohr dazu, um diese Unterschiede noch festzustellen. Auch in dem oberen Frequenzbereich erschweren die Abnahme der Ohrempfindlichkeit, die hier annähernd umgekehrt proportional mit der Frequenz sinkt, und der geringe Energieinhalt der Obertöne das Erkennen der Unterschiede.

Die nun folgende Übertragung eines Orchesterkonzerts unter Einengung des Frequenzbandes auf 100 ... 5000 Hz, auf 50 ... 6400 Hz und 50 ... 8000 Hz bestätigte diese Überlegungen noch mehr und zeigte, daß man mit einer Übertragung von Musik in dem Frequenzband 50 ... 6400 Hz (7 Oktaven) wohl zufrieden sein kann. Wenn man künftig 50 ... 8000 Hz überträgt, dürfte jeder künftigen Entwicklungsmöglichkeit Rechnung getragen sein.

a 145 km 0,9 mm-Kernvierer, 9,4 mH, 2 km Spulenabstand
b 145 km 1,4 mm-Doppelleitung, 17 mH, 1,7 km Spulenabstand
c 72,5 km 1,4 mm-Doppelleitung, 17 mH, 1,7 km Spulenabstand
d amerikanische Rundfunkkabelleitung

Abb. 5. Frequenzkurven der Dämpfung verschiedener Verstärkerfelder im deutschen Rundfunk-Kabelnetz.

b Dämpfung s Verstärkung

Abb. 7. Genauigkeit der Entzerrung eines Verstärkerfeldes.

Abb. 6. Schaltung eines deutschen Rundfunk-Leitungsverstärkers.

Eine andere sehr wesentliche Forderung des Rundfunks an die Leitungen betrifft die Störungsfreiheit. Es muß vermieden werden, daß Fernmeldevorgänge aus benachbarten Leitungen und Geräusche aus Hochspannungs- und Starkstromanlagen in die Rundfunkleitungen gelangen. Die große Verstärkungsmöglichkeit neuzeitlicher Rundfunkempfänger bedingt eine große Nebensprechfreiheit und eine sehr genaue Symmetrie der Rundfunkleitungen gegen Erde. Da die im Fernsprechbetriebe noch erträgliche Nebensprechfreiheit und Erdunsymmetrie für den Rundfunkbetrieb nicht ausreicht, ergab sich die unabweisbare Notwendigkeit, für Rundfunkzwecke besonders gut geschützte Leitungen zu verwenden und die Erdunsymmetrie durch Erdkapazitätsausgleich zu verbessern. Dazu kam die Forderung unbedingter Betriebsicherheit, die durch Wind und Wetter nicht beeinträchtigt wird.

Abb. 8. Frequenzverlauf der Dämpfung einiger Rundfunkleitungen.

Alle diese Überlegungen ließen bald nach Aufnahme des Rundfunkbetriebes die Notwendigkeit erkennen, im Fernkabelnetz für Rundfunkzwecke besondere Leitungen vorzusehen. An und für sich bieten oberirdische Leitungen die Möglichkeit, ein sehr breites Frequenzband zu übertragen. Die enge Gruppierung der Fernsprechleitungen am Gestänge, die durch den Ausbau der Hochspannungsleitungen bedingte häufige Verkabelung der Freileitungen und die Störungsanfälligkeit der oberirdischen Leitungen setzen jedoch die Eignung der oberirdischen Leitungen für Rundfunkzwecke stark herab. Die Herstellung leistungsfähiger Rundfunkleitungen im deutschen Fernkabelnetz wurde sehr erleichtert dadurch, daß die Fernkabel ein Viererseil enthalten, das inmitten der Kabelseele liegt und durch einen von Erde isoliert gehaltenen Bleimantel geschützt ist. Dieser sogenannte Kernvierer war ursprünglich für den Austausch dienstlicher Mitteilungen und für Meßzwecke bestimmt. Der elektrostatische Schutz der Leitungen dieses Vierers bot die Möglichkeit, Leitungen großer Leistungsfähigkeit und großer Betriebsicherheit zu schaffen. Die Leitungen innerhalb des Bleimantels zeichnen sich durch eine hohe Ziffer der Dämpfung des Nebensprechens von und nach den übrigen Leitungen desselben Kabels her aus. Die Dämpfungsziffer des Nebensprechens liegt oberhalb 10 Neper, etwa bei 13 Neper, d. h. die Vorgänge in den übrigen Fernmeldeleitungen werden nur mit einem Betrage von $1/50\,000$ ihres Strom- oder Spannungswertes oder von weniger als 10^{-8} ihrer Leistung auf die Rundfunkleitungen übertragen. Die Erdunsymmetrie der Viererleitung des Viererseils beträgt nach dem Ausgleich der Erdkapazitäten 0,5 ‰ für mittlere Frequenzen, im Höchstfall 1 ‰.

Bei diesen Werten der Nebensprechdämpfung und der Erdunsymmetrie ist jede irgendwie bemerkbare Störung der Rundfunkübertragung ausgeschlossen und die Wahrung des Fernsprechgeheimnisses unbedingt sichergestellt. Um die hohe Nebensprechdämpfung der Rundfunkkabelleitung auch in den übrigen Teilen der Leitung, d. i. in den Spulenkästen des Kabels und in den Amtseinrichtungen aufrechtzuerhalten, sind durch gesonderte Anordnung der Spulen im Kabel und durch gesonderte Anordnung der Endverschlüsse in den Ämtern sowie durch Verwendung von geschützten Leitungen in den Ämtern alle Störungsmöglichkeiten soweit wie irgend möglich ausgeschaltet worden.

Als Rundfunk-Übertragungsweg ist die Viererleitung des Kernvierers gewählt worden. Um über diese Leitung ein möglichst breites Frequenzband übertragen und um die vorhandenen Verstärkerpunkte für die Aufstellung der erforderlichen Verstärker benutzen zu können, ist die Viererleitung nachträglich mit Spulen von 9,4 mH in Abständen von 2 km ausgerüstet worden. Die Pupinisierung der Stammleitungen ist ungeändert geblieben. Die sehr schwache Pupinisierung der Viererleitung ergab eine Grenzfrequenz von etwa 10 000 Hz. Die Abhängigkeit der Dämpfung eines etwa 72,5 km langen Verstärkerfeldes wird durch Abb. 5 dargestellt. Man ersieht aus der Schaulinie für den 0,9 mm-Kernvierer, daß die Dämpfung in Abhängigkeit von der Frequenz erst ab 1000 Hz bis etwa 6000 oder 7000 Hz verhältnismäßig flach verläuft, von 1000 Hz abwärts jedoch ziemlich stark abfällt. Der größte Dämpfungsunterschied zwischen 50 Hz und etwa 6400 Hz beträgt 3 Neper. Die Schwierigkeit, einen Verstärker zu bauen, der die Dämpfung eines Verstärkerfeldes mit so starker Frequenzabhängigkeit mit einer Genauigkeit von ± 0,15 Neper für jede Einzelfrequenz kompensiert, war nicht gering. Zunächst wurde ein dreistufiger Verstärker mit Kapazitäts-Widerstandskopplung ohne Vor- und Zwischenübertrager erprobt. Da dieser Verstärker sich jedoch als nicht betriebsicher genug herausstellte, wurde später zu einem zweistufigen Verstärker mit Vor- und Zwischenübertragern, die hochwertige Nickeleisenkerne enthalten, übergegangen (Abb. 6). Der Entzerrer ist zwischen der 1. und 2. Röhre angeordnet. Dem Verstärker ist eine künstliche Leitung mit einer Dämpfung von 0,5 Neper vorgeschaltet, um für besonders lange Verstärkerfelder durch Ausschaltung dieses Dämpfungsgliedes noch die Möglichkeit größerer Verstärkung zu haben. Ferner sind 2 für eine Durchschlagspannung von 2000 V bemessene Kondensatoren von 6 μF in symmetrischer Anordnung vorgeschaltet, um den Durchbruch der durch Influenz entstehenden Spannung, die in besonderen Fällen von Störungen in den Hochspannungsleitungen bis zu 1000 V und mehr anschwellen kann, in die Verstärkeranlagen zu verhüten. Mit Hilfe eines symmetrischen Spannungsteilers ist der Verstärkungsgrad in 11 Stufen von je 0,1 Neper einstellbar. Die Verstärkerröhren werden aus den normalen Batterien und Maschinen der Verstärkerämter gespeist. Die Maschinen- und Puffergeräusche werden durch besondere Drosselschaltungen unterdrückt. Die Genauigkeit der Übereinstimmung zwischen der Dämpfung eines Verstärkerfeldes und der Verstärkung des zugehörigen Verstärkers geht aus Abb. 7 hervor. Wenn die Übereinstimmung auch für ein Verstärkerfeld ziemlich gut ist, so ist doch zu bedenken, daß sich die kleinen Fehler bei der großen Zahl der einzuschaltenden Verstärker summieren. Deshalb ist es notwendig, noch besondere Ausgleichsmittel anzuwenden, um eine möglichst gleichmäßige Übertragung aller Frequenzen innerhalb des Frequenzbandes zu erzielen. Angestrebt wird eine Gleichmäßigkeit der Übertragung in den längsten Leitungen bis auf Unterschiede von 0,3 Neper. Unterschiede von 0,5 Neper werden noch nicht als störend empfunden. Abb. 8 zeigt den Frequenzverlauf der Dämpfung verschiedener Rundfunk-Kabelleitungen. *(Schluß folgt.)*

Über lineare Stromregelung.

Von **G. Hauffe**, Dresden.

Übersicht. Es werden Widerstandskombinationen besprochen, die eine nahezu lineare Stromregelung gestatten.

Sind in einem Stromkreis, an dem die konstante Klemmenspannung U wirken möge, ein Festwiderstand R_0 und ein Regelwiderstand R_l in Reihe geschaltet (Abb. 1), so gehorcht der Strom I dem Gesetz:

$$I = \frac{U}{R_0 + R_l}. \qquad (1)$$

Trägt man I über $R = R_0 + R_l$ auf, so bekommt man eine Hyperbel (Abb. 2). Man erkennt leicht, daß für $R_0 \ll R_L$ der Strom I von seinem Höchstwert

$$I_{\max} = \frac{U}{R_0} \qquad (2)$$

durchaus nicht linear auf seinen niedrigsten Wert

$$I_{\min} = \frac{U}{R_0 + R_L} \qquad (3)$$

absinkt, wenn der Regelwiderstand R_l von seinem niedrigsten Wert (0) bis auf seinen Höchstwert $R_{l_{\max}} = R_L$ gebracht wird.

Abb. 1. Fester und regelbarer Widerstand in Reihe.

Abb. 2. Abhängigkeit zwischen Widerstands- und Stromänderung.

Abb. 3.

Ist l die eingeschaltete Länge von R_l (Abb. 3), so kann man aus Gl. (1) bilden

$$\frac{\mathrm{d}I}{\mathrm{d}l} = -\frac{U}{(R_0 + R_l)^2}\,\frac{\mathrm{d}R_l}{\mathrm{d}l} \qquad (4)$$

und verlangen, daß

$$\frac{\mathrm{d}I}{\mathrm{d}l} = \text{konst.} = c_1 \qquad (5)$$

sei, d. h., der Strom soll mit steigender Zuschaltung von R_l linear abnehmen. Gl. (5) und (4) ergeben zusammen

$$c_1\,\mathrm{d}l = -U\frac{\mathrm{d}R_l}{(R_0 + R_l)^2} \qquad (6)$$

oder integriert

$$c_1 l + c_2 = \frac{U}{R_0 + R_l}. \qquad (7)$$

c_2 ist die Integrationskonstante. Sie ist dadurch bestimmt, daß für $l = 0$ auch $R_l = 0$ sein muß. Das liefert

$$c_2 = \frac{U}{R_0}. \qquad (8)$$

Ferner muß für $l = L$ auch $R_l = R_L$ sein, das gibt als Bestimmungsgleichung für c_1 aus Gl. (7) mit (8)

$$c_1 L + \frac{U}{R_0} = \frac{U}{R_0 + R_l} \qquad (9)$$

oder

$$c_1 = \frac{1}{L}\left[\frac{U}{R_0 + R_l} - \frac{U}{R_0}\right]. \qquad (10)$$

Führt man c_1 und c_2 in Gl. (7) ein, so ergibt sich[1] nach einigen Zwischenrechnungen

$$R_l = \frac{l\,R_0\,R_L}{L\,R_0 + R_L(L - l)}. \qquad (11)$$

Das ist die gesuchte Funktion

$$R_l = f(l), \qquad (12)$$

der der Regelwiderstand zu gehorchen hat. Es ist zweckmäßig, Gl. (11) umzuformen in

$$R_l = R_0\frac{\frac{l}{L}}{\frac{R_0}{R_L} + \left(1 - \frac{l}{L}\right)} \qquad (11\,\mathrm{a})$$

und hierin das Widerstandsverhältnis

$$\frac{R_0}{R_L} = \varkappa$$

und die relative Einschaltung

$$\frac{l}{L} = \lambda$$

einzuführen. Das ergibt die einfachere Schreibweise

$$R_l = R_0\frac{\lambda}{\varkappa + (1 - \lambda)} \qquad (13)$$

oder

$$R_l = R_0\,\Phi, \qquad (14)$$

wo die Funktion

$$\Phi = \frac{\lambda}{\varkappa + (1 - \lambda)} \qquad (15)$$

gesetzt ist. In Abb. 4 sind in Abhängigkeit von λ — es nimmt die Werte 0 ... 1 an — aufgezeichnet

$100\,\Phi$ für $\varkappa = 10$
$10\,\Phi$ „ $\varkappa = 1$
Φ „ $\varkappa = 0{,}1$.

Abb. 4. Bestimmungsgrößen des Regelungsverlaufs.

Abb. 5. Schiebewiderstand für lineare Stromänderung.

Abb. 6. Zur Bestimmung von Teilwiderständen für angenähert lineare Stromänderung.

Man ersieht aus ihr, daß zur Erzwingung eines linearen Stromverlaufes Φ und damit R_l noch nahezu linear veränderlich mit l bleiben, solange $\varkappa \geq 1$. Für $\varkappa < 1$ liefert Φ eine Kurve.

[1] Das gleiche Ergebnis kann mit elementarer Rechnung aus der Bedingung für lineare Stromregelung

$$\frac{I_{\max} - I_{\min}}{L} = \frac{I_{\max} - I}{l}$$

hergeleitet werden.

Zur Verwirklichung der gewünschten Verhältnisse könnte man einen Schiebewiderstand bauen, dessen Windungsfläche mit steigender relativer Zuschaltung λ zunimmt. Der Körper, der die Widerstandswicklung trägt, könnte nach Art der Abb. 5 entworfen werden. Man wird sich indessen mit Annäherungen begnügen, indem man geeignete Widerstände in Reihe schaltet. In Abb. 6 ist eine beliebige Kurve $\Phi = f(\lambda)$ gezeichnet und durch einen gebrochenen dreiteiligen Linienzug ersetzt, d. h., wir ersetzen den Regelwiderstand R_l durch drei in Reihe geschaltete Widerstände mit den Beträgen

$$\left.\begin{aligned} R_I &= R_0 \Phi_1 = R_0 \frac{\lambda_1}{\varkappa + (1-\lambda_1)} \\ R_{II} &= R_0 (\Phi_2 - \Phi_1) = R_0 \left[\frac{\lambda_2}{\varkappa + (1-\lambda_2)} - \frac{\lambda_1}{\varkappa + (1-\lambda_1)}\right] \\ R_{III} &= R_0 (\Phi_3 - \Phi_2) = R_0 \left[\frac{1}{\varkappa} - \frac{\lambda_1}{\varkappa + (1-\lambda_2)}\right] \end{aligned}\right\} \quad (16)$$

Die Belastbarkeit dieser Widerstände ist durch den jeweils größten Strom gegeben. Es haben also maximal zu führen:

$$\left.\begin{aligned} &R_I \text{ den Strom } I_I = \frac{U}{R_0}, \\ &R_{II} \text{ den Strom} \\ &I_{II} = \frac{U}{R_0 + R_I} = \frac{U}{R_0} \frac{\varkappa + (1-\lambda_1)}{\varkappa + 1} \\ &R_{III} \text{ den Strom} \\ &I_{III} = \frac{U}{R_0 + R_I + R_{II}} = \frac{U}{R_0} \frac{\varkappa + (1-\lambda_2)}{\varkappa + 1}. \end{aligned}\right\} \quad (17)$$

Durch diese Ströme sind die zu wählenden Widerstands-Drahtdurchmesser $\delta_I \dots \delta_{III}$ bestimmt. Seien $u_I \dots u_{III}$ die Windungslängen der Einzelwiderstände, $n_I \dots n_{III}$ ihre Windungszahlen, so gilt

$$\left.\begin{aligned} R_I &= \varrho \frac{n_I u_I}{q_I} \\ R_{II} &= \varrho \frac{n_{II} u_{II}}{q_{II}} \\ R_{III} &= \varrho \frac{n_{III} u_{III}}{q_{III}}. \end{aligned}\right\} \quad (18)$$

Ferner muß sein:

$$\left.\begin{aligned} n_I \ \delta_I &= \lambda_1 L \\ n_{II} \ \delta_{II} &= (\lambda_2 - \lambda_1) L \\ n_{III} \ \delta_{III} &= (1 - \lambda_2) L. \end{aligned}\right\} \quad (19)$$

Je größer man L wählt, um so feiner ist die Regelbarkeit. Hat man L festgesetzt, so folgen $n_I \dots n_{III}$ aus den Gl. (19) und hiermit $u_I \dots u_{III}$ aus den Gl. (18). Selbstverständlich kann man eine bessere oder geringere Annäherung an den linearen Stromverlauf durch eine größere oder kleinere Zahl von Einzelwiderständen erreichen.

Ergebnisse einer Quecksilberdampf-Kraftanlage der GEC[1].

Seit dem Jahre 1922 beschäftigt sich die General Electric Co. mit dem Gedanken, eine Zweistoff-Dampfkraftanlage zu entwickeln, deren obere Stufe Quecksilberdampf und deren untere Stufe Wasserdampf bildet. Dieses auf Vorschlägen von W. Le Roy Emmet beruhende Arbeitsverfahren[2] hat den Vorteil, daß die im höheren Temperaturbereich liegende obere Stufe nicht zugleich auch mit hohen Drücken zu arbeiten braucht, wie eine zwischen denselben Temperaturgrenzen arbeitende Wasserdampfanlage. Die Versuche, die zuerst an einer Anlage von 1800 kW im Dutch-Point-Kraftwerk der Hartford Electric Light Co. durchgeführt wurden, haben nach Verbesserung der Einzelteile zum Bau einer Anlage von 10 000 kW im South-Meadow-Werk dieser Gesellschaft geführt, die seit dem 1. II. 1930 in ungestörtem Betrieb ist und durch ihre Ergebnisse bewiesen haben soll, daß die Wärmeersparnis, die man auf diesem Wege erzielen kann, ausreicht, um die Mehrkosten gegenüber der üblichen Dampfanlage in etwa 3½ Jahren zu amortisieren.

[1] T. H. Soren, El. World Bd. 91, S. 35, und J. Orr, Power Bd. 72, S. 4.
[2] ETZ 1924, S. 121

Folgende Zahlen werden mitgeteilt:

Leistung der Quecksilber-Dampfturbine	10 000 kW
durch den Quecksilberdampf verdampfte Wassermenge	69 000 kg/h
mittlere Temperatur des Wasserdampfes	390 ° C
mittl. Überdruck im Wasserdampferzeuger	19,6 at
mittlere Speisewassertemperatur vor Ekonomiser	101 ° C
mittlere Speisewassertemperatur hinter Ekonomiser	135 ° C
Druck des Quecksilberdampfes am Anlaßventil	4,9 at
Temperatur des Quecksilberdampfes	471 ° C
Endtemperatur des Quecksilberdampfes	230 ° C
Luftleere im Quecksilberdampf-Kondensator	94,5 %
Kohlenverbrauch der Anlage	7100 kg/h
Heizwert der Kohle	8050 kcal/kg
Temperatur der Verbrennungsluft	238 ° C
Temperatur d. Rauchgase am Schornstein	168 ° C
Kohlensäuregehalt der Rauchgase	14 %

Betriebsergebnisse der Zeit vom 4. II. bis 4. VI. 1930.

Gesamtverbrauch an Kohle	12 000 t
Gesamtverdampfung an Wasser	99 000 t
gesamte Stromerzeugung der Quecksilberanlage	16 083 000 kWh
gesamte Stromerzeugung der Wasserdampfanlage	21 550 060 kWh
Eigenverbrauch des Werkes	721 130 kWh
gesamte Nutzstromlieferung des Werkes	36 911 930 kWh
spezifischer Kohlenverbrauch	0,325 kg/kWh
Gesamtzahl der Betriebstunden	2032 h

Die vorstehenden Zahlen sind ohne Zweifel bemerkenswert, da der Wärmeverbrauch, bezogen auf den nutzbar abgegebenen Strom, im Mittel nicht mehr als 2650 kcal/kWh entspricht. Dabei ändert sich der Kohlenverbrauch des Werkes zwischen 12 000 und 22 000 kW Gesamtleistung (Quecksilber- und Wasserdampfanlage) nur ganz unwesentlich, so daß der thermische Wirkungsgrad über diesen ganzen Bereich der Belastungen stets nahezu 34 % beträgt. Die Überlegenheit der Zweistoff-Kraftanlage in thermischer Hinsicht ist damit auch beim praktischen Betrieb erwiesen.

Auf der anderen Seite ist es anscheinend durch die konstruktiven Verbesserungen am Verdampfer und Kondensator für Quecksilber sowie an der Quecksilberdampf-Turbine gelungen, die Gefahren auszuschließen, mit denen man bei einem solchen Betrieb rechnen mußte. Da alle Teile des Verdampfers und die zugehörigen Leitungen geschweißt sind, so hatte man mit der Möglichkeit des Austritts von Quecksilber nur noch dann zu rechnen, wenn eines der Verdampfrohre des Kessels durchbrannte. Solche Fälle sind tatsächlich eingetreten. Man hat aber bei der neuesten Form des Kessels, der in der Art der Wasserrohrkessel gebaut ist, die Konstruktion so verbessert, daß keine Schäden mehr vorkommen. Ein wichtiger Fortschritt ist ferner, daß die Quecksilberdampf-Turbine auf der Welle fliegend angeordnet ist, so daß ihr Gehäuse nur eine einzige Stopfbuchse auf der Kondensatorseite zu haben braucht. Dadurch wird das Austreten von Quecksilberdampf aus der Turbine vollständig verhindert. Die Bauart der Turbine ist übrigens auch sonst bemerkenswert. Sie hat fünf Gleichdruckstufen und läuft nur mit 720 U/min, da der Quecksilberdampf nur mit geringer Geschwindigkeit aus den Düsen austritt. Das letzte Laufrad hat aber 3,35 m Außendurchmesser und Schaufeln von etwa 70 cm Länge, die am Grunde 17,6 cm dick sind. Auch die Schaufelspiele sind unverhältnismäßig groß bemessen, sie betragen z. B. am 5. Laufrad 22,7 mm.

Gegen die praktische Anwendbarkeit dieses Arbeitsverfahrens hatte man auch schon das Bedenken geäußert, daß es nicht möglich sein würde, die großen Mengen von Quecksilber zu beschaffen, die solche Anlagen brauchen würden. Bei der 1800 kW-Anlage Dutch Point betrug die Quecksilberfüllung 20 t. Inzwischen ist es aber durch Verbesserung der Kesselkonstruktion gelungen, den Bedarf an Quecksilber, bezogen auf 1 kW Leistung, erheblich zu vermindern. *Hr.*

RUNDSCHAU.

Elektromaschinenbau.

Neue genormte SSW-Bürstenhalter. — Die neuzeitlichen hochausgenutzten Maschinen erfordern hochwertige Bürstenhalter, die die Betriebsicherheit der Maschinen in jedem Falle gewährleisten. Als solche sind heute für größere Gleichstrommaschinen nur in massivem Rotguß ausgeführte Radialhalter oder auf dem Reaktionsprinzip aufgebaute Schräghalter anzusprechen. Die neuen SSW-Bürstenhalter sind in ihren Abmessungen so ausgeführt, daß neben leichter Austauschmöglichkeit und vielseitiger Verwendbarkeit eine leichte Ersatzbeschaffung gegeben ist.

Abb. 1. Radialhalter in massiver Rotgußausführung.

Abb. 2. Schräghalter. Federbügel aus Spezialbronze, Klemmstück aus Messing, Halterkasten aus Rotguß poliert.

Abb. 3. Schräghalter in massiver Rotgußausführung.

Abb. 4. Hebelhalter mit durchgeführter Litze und besonderem Kabelanschluß.

Für Kommutatoren sind die Radialhalter mit genormten Bürstenprofils vorwiegend für Gleichstrommaschinen mit wechselnder Drehrichtung nach Abb. 1 bestimmt, ferner eine andere Ausführung mit unterteiltem Bürstenprofil. Die vollständig in Rotguß gehaltene Konstruktion gewährleistet genaue Bürstenführungen, große Widerstandsfähigkeit gegen Formänderungen und gute Wärmeabführung. Durchgehende Druckhebelbolzen und verstärkte Lagerungen verhindern ein Ausschlagen der Gelenke. Der Bürstendruck ist praktisch konstant, nicht verstellbar, wodurch wirklich gleicher Druck bei allen Haltern gleicher Größe erzielt wird und keine Möglichkeit der Verstellung von unberufener Hand vorhanden ist. Infolge Austauschbarkeit aller Kasten und Klemmstücke sowie Staffeln der Halter durch einfaches Zwischenstück werden die Kosten für die Lagerhaltung des Ersatzes niedrig gehalten.

Schräghalter nach Abb. 2 werden für Maschinen mit einer Drehrichtung, für große Gleichstrommaschinen, Einanker- und Kaskadenumformer, Drehstrom-Kommutatormaschinen verwendet. Der einfache, austauschbare Halterkasten bietet bei Beschädigungen durch Rundfeuer äußerst billigen Ersatz. Ein Halter für verschiedene Bürstenbreiten bietet durch Auswechseln des einfachen Halterkastens und Einstellen der Feder geringste Lagerhaltungskosten für den Ersatz (Abb. 3). Große Verstellbarkeit des Bolzenabstandes macht den Halter vielfach verwendbar und insbesondere zur Neubesetzung älterer Maschinen geeignet.

Hebelhalter mit genormten Bürstenprofilen nach Abb. 4 sind vorwiegend für Schleifringe von Drehstrommaschinen bestimmt. Geringe Eigenreibung durch ein besonders ausgebildetes Gelenk gewährleistet leichtes Nachgeben der Bürsten bei Unebenheiten des Ringes und somit sicheren Kontakt und gute Laufeigenschaften. Der praktisch gleichbleibende Bürstendruck bis zum völligen Aufbrauch der Bürste macht ein Nachspannen im Betriebe überflüssig. Die Litze ist vom Kabelanschluß bis unter die Bürste durchgeführt, es tritt daher kein Stromdurchgang durch den Halter selbst, geringe Erwärmung und kein Verschmoren der Kontaktstellen ein, so daß große Lebensdauer gesichert ist.

Besonders geeignet sind die SSW-Bürstenhalter für die Normung in Großbetrieben, wo ein Auskommen mit wenigen Haltertypen für die verschiedensten Maschinen verlangt wird. *Shp.*

Apparate.

Abnehmbarer Sicherheitsgriff für Schaltapparate zur Verhütung unbefugter Einschaltung. — Es besteht die Notwendigkeit, elektrische Schaltapparate in vielen Fällen gegen unbefugtes Einschalten zu sichern, z. B. zur Verhinderung von Unfällen bei Reparaturarbeiten an Maschinen, welche sich nicht unmittelbar an der Schaltstelle befinden. Verbotschilder, Vorhangschlösser usw. bilden keine genügende Sicherheit und sind auch nicht immer zur Hand.

Abb. 5.

Die Sicherheitseinrichtung der Gewerkschaft Elektra, Hamborn a. Rh., besteht darin, daß der Schaltgriff in ausgeschaltetem Zustand des Schalters abgenommen werden kann, jedoch nicht, wenn der Schalter eingeschaltet ist, um jederzeit, besonders in Gefahrfällen, Ausschaltmöglichkeit zu haben. Das Anbringen und Abnehmen des Schaltgriffes wird in nur ausgeschaltetem Zustand des Schalters möglich gemacht, indem entweder die Welle am Griff mit einem Nocken oder Stift versehen ist, welche in eine gleichartige Aussparung an der Gehäusewand (Abb. 5) oder in eine an der Gehäusewand befestigte Kulisse (Abb. 6) paßt, oder der Schalthebel erhält eine der Form der Schaltwelle angepaßte Aussparung und der Schalthebel wird in die entsprechend ausgeführte Kulisse eingeführt (Abb. 7). *fi*

Abb. 6.

Abb. 7

Bahnen und Fahrzeuge.

Die 1500 V-Gleichstrombahn Altrincham—Manchester. — Dem Bericht über diese Bahn[1] lassen wir hiermit noch einige weitere Einzelheiten folgen. Der elektrische Betrieb wurde am 11. V. d. J. eröffnet. Die kurze Strecke von nur 14,3 km führt durch ein dichtbesiedeltes Vorstadtgebiet im Südwesten von Manchester, dem die vorhandene Anzahl

[1] ETZ 1931, S. 447.

von 8 Zwischenhaltestellen nicht genügte, so daß 2 weitere eingerichtet werden mußten. Die ganze Strecke Manchester, London Road—Altrincham legte ein Dampfzug in 27 min zurück; jetzt wird dieser Verkehr in 24 min trotz erhöhter Haltestellenzahl bewältigt. Vorgesehen ist ein zweites Gleispaar zwischen Old Trafford und Sale für Schnellzüge ohne Zwischenaufenthalt zwischen diesen Orten, um eine kürzeste Fahrzeit von nur 15 min zwischen Manchester und Altrincham zu ermöglichen. Insgesamt sollen wochentags 99 bis 127, sonntags bis 44 Züge gefahren werden. Die Züge bestehen aus Einheiten von je 3 Wagen, die sich aus einem Triebwagen von 51,7 t Gewicht, einem Beiwagen von 27,2 t ohne und einem Beiwagen mit Führerstandseinrichtung von ebenfalls 27,2 t zusammensetzen. Während des Stoßverkehrs werden je Zug zwei derartige Wageneinheiten zusammen gefahren. Jede Einheit bietet 40 Plätze erster und 226 Plätze dritter Klasse. Die äußere Form jedes vierachsigen Drehgestellwagens entspricht der üblichen englischen Abteilbauart. Die vorhandenen 24 Triebwagen haben auf jeder ihrer vier Achsen einen 330 PS/h-750 V-Reihenschlußmotor der Bauart Oerlikon, der über ein Zahnradvorgelege die Achse antreibt. Bei einer Geschwindigkeit von 105 km/h macht der Anker 1800 U/min. Die erhaltene Beschleunigung beträgt etwa 0,65 m/s². Die Ausführung erfolgte durch die General Electric Co. Ltd. Die Hochspannungsausrüstung liegt in einem besonders abgeschlossenen Wagenteil am Führerstandsende. Über diesem Raum liegt der einzige mit Preßluft betätigte Scheren-Stromabnehmer der Zugeinheit. Parallel zum Triebmotoren-Stromkreise ist hinter der Hauptsicherung und der Drosselspule ein Erdungs-Kurzschließer angeordnet. Die elektropneumatische Schützensteuerung, deren Steuerstrom einem 12 kW-Motorgenerator, der auch die Beleuchtung speist, mit 110 V entnommen wird, schaltet in üblicher Weise nach der einfachen Reihen-Parallelschaltung mit Feldschwächstufe. Die Heizung geschieht je Abteil durch vier 300 W-Heizkörper, die, zu je zwei in Reihe geschaltet, unmittelbar mit 1500 V gespeist werden und in zwei Stufen regelbar sind.

Der früher erwähnte 1500 kW, 1500 V-Quecksilberdampf-Gleichrichter im Unterwerk Old Trafford ist der erste für Bahnzwecke in England. Die British Thomson-Houston-Ges. hat eine 12-Anoden-Type gewählt, ähnlich den bekannten BBC-Ausführungen. Die Grob-Entleer- und die Quecksilber-Vakuum-Pumpe sind unmittelbar auf der Gerät-Grundplatte angebracht. Der Vakuumtopf ist autogen geschweißt und wird von einem wasserdurchströmten Kühlmantel umgeben. Die Temperatur des Kühlwassers überwacht dauernd ein thermostatisches Regelventil. Sämtliche Vakuumverschlüsse sind durch Quecksilber gedichtet, das auch im Falle eines Leckschadens im Betriebe den Fehlerherd begrenzen soll. Der 12-Anoden-Anordnung wird u. a. der Vorzug eingeräumt, daß hierbei der Gleichrichter noch bei der geringsten Last arbeitet. So „steht" der Lichtbogen im beschriebenen Gerät noch beim Strome eines einzigen angeschlossenen Spannungsmessers. Die Oberschwingungen im Gleichstromkreise werden grob durch eine Reaktanzspule gedämpft, während vier Abstimmkreise parallel zu den Gleichrichterklemmen die feinere Glättung bewirken. Die Telephonstörung durch den Gleichrichterstrom ist dann nicht größer als beim Maschinenumformer. Der Gleichrichter ist in eine Aussparung des Maschinenraum-Fußbodens eingesenkt, um von dort aus die oberen Teile des Gerätes leicht zugänglich zu machen, während die Kathode und die Hauptleitungs-Verbindungen von einem Kellerraum aus besichtigt werden können. (The Electrician Bd. 106, S. 714 und El. Review Bd. 108, S. 827.) *Mal.*

Hebezeuge und Massenförderungen.

Chargierlaufkrane für Blechpakete. — Ein von der Maschinenfabrik Oerlikon ausgeführter Chargierlaufkran, der Blechpakete bis zum Gewicht von 3 t in Vorwärmeöfen zu befördern hat, wo sie auf die für den weiteren Arbeitsprozeß notwendige Temperatur erhitzt werden, wird in Abb. 8 dargestellt. Der Ofenboden besitzt 2 Aussparungen, in welche die mit den Blechen beladenen zwei rechteckigen Tragarme eintreten können, um die Bleche abzusetzen. Laufkran und Katze sind von normaler Konstruktion. Die Katze trägt einen starren viereckigen Führungskäfig, in dem sich der ebenfalls viereckige Hubwagen bewegt. In letzterem ist die Zentral- oder Königssäule drehbar gelagert. Der an der Königssäule hängende vertikale Fachwerkmast des Drehteiles tritt einerseits in das Führerpodium mit dahinter liegendem Gegengewicht über, während auf der anderen Seite die beiden Tragarme eingehängt sind. Die letzteren sind vertikal nachgiebig gelagert, und ein Grenzschalter verhindert eine zu starke Schiefstellung der Tragarme dadurch, daß die Senkbewegung des Hubwerkes zum Stillstand gebracht wird. Auf dem Führerpodium sind die elektrischen Steuerapparate und das Drehwerk untergebracht. Der Motor treibt über ein Schneckengetriebe und ein konisches Räderpaar einen Zahnkolben an, der in Eingriff steht mit einem am Hubwagen fixierten Zahnkranz, um den er sich planetenartig bewegt, indem er den Drehteil mit sich zieht. Die Stromüberführung vom starren Führungskäfig der Laufkatze

Abb. 8. Chargierlaufkran für Blechpakete.

zum auf und ab beweglichen Hubwagen geschieht, da der Hub nur 0,5 m beträgt, durch eine dreifach gelenkige Stabverbindung, wobei durch Federdruck in den Drehpunkten für guten Kontakt gesorgt ist. Als Stromüberführung zwischen Hubwagen und Drehteil wird die übliche Schleifringstromabnahme mit Durchführung der Kabel durch die hohle Königsäule verwendet. (Bull. Oerlikon 1931, S. 602.) *Ka.*

Bergbau und Hütte.

Blendungsfreie Leuchten im Kohlenbergbau. — Die niedrigen Aufhängehöhen von Leuchten in Bergwerken rufen bei Verwendung von Schutzgläsern aus Klarglas starke Blendung hervor. Die zur Vermeidung von Blendung sonst vielfach üblichen opalüberfangenen Gläser besitzen, da sie sich aus zwei verschiedenen Glasscheiben zusammensetzen, eine geringere mechanische Festigkeit als ein gleichstarkes einschichtiges Glas. Auch läßt sich bei opalüberfangenen Gläsern nicht so leicht die für schlagwettersichere Leuchten erforderliche gleichmäßige hohe Wandstärke herstellen. In der Masse getrübte Gläser, z. B. Opalin-Gläser, haben den Nachteil hoher Absorptionsverluste. Die Firma G. Schanzenbach & Co., G. m. b. H., Frankfurt a. M., verwendet daher starkwandige Gläser, auf deren Innenwand in der Höhe der Glühlampe eine Blendschutzzone angebracht ist (Abb. 9). Die durch diese Zone bewirkte günstigere Lichtverteilung ist in Abb. 10 in Vergleich mit einer Klarglasglocke dargestellt. (VES-Mitt. 1930, S. 37.) *Ka.*

Abb. 9. Lampen-Schutzglocke mit Blendschutzzone.

—— Klarglas ----- Klarglas mit Zone

Abb. 10. Lichtverteilungskurve. HK-Werte umgerechnet auf eine Glühlampe von 1000 Lumen. Jeder Kreis 10 HK.

Fernmeldetechnik.

Fortschritte des elektrischen Nachrichtenwesens aus dem Arbeitsgebiet des Reichspostzentralamts (TRA) für 1929. — Es wird eine Übersicht der hauptsächlichsten Arbeiten des Reichspostzentralamts auf den Gebieten Fernsprech-, Telegraphen- und Funkwesen im Jahre 1929 gegeben. In der Fernsprechkabeltechnik ist u. a. zu erwähnen die Entwicklung von neuen Fernkabeln mit einer größeren Zahl von 1,4 mm starken Aderpaaren, die in größerem Umfang als bisher dem Weitverkehr dienen sollen[1], ferner die Benutzung von Vierern für wichtigere Fernleitungskabel und die Auslegung eines neuen (4.) Fernsprechkabels nach Ostpreußen[2]. Aus der Fernsprechverstärkertechnik sei besonders hervorgehoben die versuchsweise Einführung der Zweibandtelephonie auf Schwedenkabeln[1], der Ausbau von Vierdrahtleitungen und ihrer Verstärker, die Zentralgabel zur Verbindung von mehr als zwei Teilnehmern zum Gegensprechverkehr[2] die Vereinheitlichung im Verstärkeramtsbau und die Vermehrung der Schwerverstärkerämter[3]). Auf dem Gebiet der Elektro-Akustik wird u. a. die Aufstellung eines Haupteichkreises als Normalapparat für Lautstärkemessungen erwähnt. — Die ständig fortschreitende Ersetzung handbetriebener Fernsprechvermittlungstellen durch solche mit Selbstanschlußbetrieb führt naturgemäß auch zu steter Vervollkommnung der Selbstanschlußtechnik; hier ist besonders zu erwähnen die Einführung von neuen kleinen Hebdrehwählern mit Flachrelais und die Vereinfachungen im Aufbau kleiner Selbstanschlußämter (bis zu 100 Anschlüssen)[4]. An Arbeiten auf den Gebieten Fernverkehrs- und Schnellverkehrstechnik werden u. a. aufgezählt Verbesserungen an Fernschrank- und Ferntisch-Schaltungen, Inbetriebnahme einer Anzahl neuer Fernämter, darunter des Fernamts in Berlin[5]. Versuche mit Tonfrequenzfernwahl und Schaltungen zur selbsttätigen Gesprächszählung im Schnellverkehr in der Ortszone. Wichtige Arbeiten aus der Nebenstellen- und Sprechstellentechnik waren die Einführung einer neuen Nebenstellenanlage für Selbstanschlußbetrieb, die Einführung einer neuen Mikrophonsprechkapsel SA 28 (in der auch bei Schräglage keine Stromunterbrechung entsteht), eines Muschelfernhörers (Benaudi-Fernhörer) als 2. Sprechstellenhörers (der auf die Ohrmuschel gehängt wird) und die Verbesserung der Münzfernsprecher für Selbstanschlußbetrieb. Zur Kennzeichnung der Störwirkungen von Starkstromanlagen sind u. a. Störspannungsmessungen an Drehstrom-Hochspannungsleitungen. Einphasen-Bahnleitungen und Fahrleitungen von Gleichstrombahnen gemacht worden, ebenso Messungen der durch Bahnanlagen induzierten Spannungen und der Schienenströme. — An Arbeiten auf dem Gebiet der Telegraphentechnik erörtert der Bericht die Einführung des Springschreibers als Einheits-Telegraphenapparat und die in Vorbereitung befindliche Einrichtung eines öffentlichen Fernschreibbuches (mit Springschreibern), bei dem ebenso wie im öffentlichen Fernsprechnetz Hauptanschlüsse, Nebenanschlüsse, Querverbindungen usw. beabsichtigt sind[6]. Weitere Arbeiten galten dem Ausbau des Bildtelegraphennetzes und der Verlegung der Telegraphenleitungen in die Fernkabel unter Vermehrung der Unterlagerungstelegraphie für kürzere und der Wechselstromtelegraphie für längere Leitungen[7]. In der Rohrposttechnik werden Einrichtungen zur selbsttätigen Umladung der Büchsen von Strecke zu Strecke erprobt. — Unter den zahlreichen Arbeiten auf dem Gebiet der Funktechnik seien hervorgehoben die Ausstattung der Großfunkstelle Nauen und der Hauptfunkstelle Norddeich mit Kurzwellensendern, die Versuche zur Ausdehnung des Funksprechverkehrs (auch im Gegensprechen und im Mehrfachbetrieb) nach Übersee[8], Verbesserungen am Deutschlandsender und am Rheinlandsender, Eröffnung des Gleichwellensenderbetriebs Berlin-Stettin-Magdeburg, Fortschritte in der Technik des Fernsehens, Ausbau der musikpupinisierten Fernkabelleitungen für Rundfunkübertragungen u. a. m. (Tel.- u. Fernspr.-Techn. Bd. 19, S. 1.) *But.*

Hochspannungstechnik.

Die Umbildung der Wellenform durch Kapazitäten und Induktivitäten bei durch Funken ausgelösten Wanderwellen. — Die Untersuchungen von Toepler gaben zuerst die Möglichkeit, den Verlauf von Wanderwellen, insbesondere die Stirnlinie, die durch Funken in Luft ausgelöst sind, rechnerisch[1] darzustellen. Die vorliegende Arbeit geht vom Toeplerschen Funkengesetz aus, wonach der Widerstand einer Funkenstrecke umgekehrt proportional zu der durchgeflossenen Elektrizitätsmenge verläuft, und gibt den Spannungsverlauf der Wanderwellen bei 3 typischen Schaltvorgängen (Schalten einer Kapazität über den Funken auf eine Leitung, Kurzschluß inmitten einer Leitung, Schalten einer spannungführenden Leitung auf eine spannungslose) in übersichtlicher Form an. Es wird gezeigt, wie eine Kapazität umbildend auf derartige Spannungsverläufe wirkt in bezug auf Senkung der Stirnsteilheit und des Höchstwertes der Welle[2]. Die höchste Steilheit bei normaler Zündung wird zu $3{,}45 \cdot 10^6$ V/μs bei 100 000 V Schaltspannung angegeben. Diese Steilheit wird z. B. durch eine Kapazität von 0,001 μF, die zwischen Leitung und Erde liegt, auf etwa $^1/_{10}$ herabgesetzt. Es werden Kurven über den Verlauf der Wellen, die höchste Steilheit und den Höchstwert in Abhängigkeit von der Größe der Querkapazität für Freileitungen und Kabel angegeben. Im Betrieb wird man nur in unmittelbarer Nähe der Schaltstelle als Erdschlußstelle mit so hohen Steilheiten einer Welle zu rechnen haben, da insbesondere bei hohen Spannungen, wie oszillographische Untersuchungen gezeigt haben, die Dämpfung der Welle beim Durchlaufen der Leitung sehr groß ist. Die berechneten Kurven sind inzwischen[2] durch oszillographische Nachprüfung an einem Schaltkreis, wie er bei der Stoßprüfung vorliegt, bestätigt worden. Die Untersuchung wird auch auf den Einfluß von Induktivitäten im Zuge der Leitung ausgedehnt, was aber mehr theoretisches Interesse hat. (W. Schilling, Arch. El. Bd. 25, H. 2, S. 97.)

Drei-Elektroden-Strecken in dichten Gasen. — Die Anfangsspannung einer feststehenden Zwei-Elektroden-Anordnung läßt sich nach einer Untersuchung von S. Franck durch Änderung des Potentials einer feststehenden dritten Elektrode (Steuerelektrode) steuern. Diese Steuerung ist aber ganz anderer Art wie bei der Drei-Elektroden-Strecke in hochverdünnten Gasen, der Elektronenstrecke mit Gitterelektrode (Elektronenstrom) und in dichteren Gasen, der Ionenstrecke mit Gitterelektrode (Ionenstrom, Glimm- und Bogen-, diskontinuierliche Entladung): Es werden nicht Raumladungen und damit Ströme, sondern nur die praktisch raumladungsfreien, rein elektostatischen Felder der Anordnung gesteuert. Die wirksamste Steuerung ist die, das möglichst inhomogene Feld in ein möglichst homogenes und umgekehrt zu verwandeln, weil dadurch die Anfangsspannungen am meisten geändert werden. Das kann annähernd verwirklicht werden durch die in Abb. 11 angegebene Anordnung. Eine Spitze ist so von einem konzentrischen Kreisring umgeben, daß die Spitze in der unteren Ringebene liegt. Parallel zur Ringebene ist eine ausgedehnte geerdete Platte angebracht. Die Anfangsspannung der Spitze (U_{sp}) wird bei verschiedenen Ringpotentialen (U_R) untersucht. Es kann z. B. für Meßzwecke (vor allem Hochfrequenzmessung) aus der Anfangsspannung der Spitze auf das Potential der Steuerelektrode geschlossen werden. Bei einer Spitze als halbkuglig abgerundetem Messingdraht von 0,5 cm Dmr. und einem Kreisring von 14 cm Innen-Dmr., Wulst 1 cm Dmr., ergab sich eine prozentuale Anfangsspannungserhöhung der Spitze auf über 200 % bei etwa 60 kV_{max} am Ring. Statt der Ebene kann auch eine zweite Spitze mit Ring gedacht werden (Vier-Elektroden-Anordnung). (S. Franck, Z. techn. Phys. Bd. 11, S. 349.) *Sb.*

U_{sp} U_R

Abb. 11. Drei-Elektroden-Strecke.

Werkstatt und Baustoffe.

Elektrische Festigkeit von Papier bei erhöhtem Druck. — Die Festigkeit von Papier ist bekanntlich höher als die einer gleichstarken Luftschicht. Das Verhältnis der beiden Zahlen ist also stets größer als 1, aber — wie von Gemant gefunden wurde — nur für Atmosphärendruck; bei höheren Drucken kehrt sich das Verhältnis vielfach um. Um diese Tatsache systematisch darzustellen, wurde die Durchschlagfestigkeit von drei verschieden satinierten Kabelpapieren bei Beanspruchung mit Gleich-, Wechsel- und Stoßspannung bis zu 20 at Überdruck gemessen. Die Durch-

[1] ETZ 1931, S. 543.
[2] ETZ 1930, S. 64.
[3] ETZ 1930, S. 1203.
[4] ETZ 1930, S. 1438.
[5] ETZ 1929, S. 1210.
[6] ETZ 1930, S. 1323, 1388.
[7] ETZ 1930, S. 1176, 1497, 1565.
[8] ETZ 1929, S. 1023.

[1] Vgl. Krutzsch, ETZ 1928, S. 607.
[2] Vgl. a. ETZ 1930, S. 1140.

schlagspannungen sind jeweils in Abhängigkeit von *a p* (*a* Abstand, *p* Druck) aufgetragen. Man erhält so eine Schar zur Abszisse schwach konkav geneigter Kurven mit dem Abstand als Parameter. Zum Vergleich ist jeweils die universelle Luftkurve aufgezeichnet. Die Papierkurvenschar schneidet nun die Vergleichskurve, die Festigkeit ist also für höhere Drucke niedriger als für Luft, u. zw. nimmt die dem Schnittpunkt entsprechende Spannung angenähert proportional zum Abstand zu. Diese Übergangsfeldstärke ist demnach für dieselbe Papierart angenähert konstant und nimmt mit dem Satinierungsgrad zu. — Der Grund der beschriebenen Erscheinung ist wahrscheinlich der, daß bei relativ niedrigen Drucken die Kanalwirkung des Papiers zur Geltung kommt und somit die Festigkeit erhöht. Bei höheren Drucken dagegen verschwindet der Querschnittseffekt und die ungünstige Feldverzerrung seitens der Fasern überwiegt, daher ist die Festigkeit noch niedriger als in reiner Luft. (A. Gemant, Arch. El. Bd. 25, H. 3, S. 181.)

Jahresversammlungen, Kongresse, Ausstellungen.

Südamerikanischer Elektrotechnikerkongreß, Buenos Aires 1932. — Vom 4. bis 10. VII. 1932 findet in Buenos Aires der erste südamerikanische Elektrotechnikerkongreß statt; er soll einen Gedankenaustausch der Fachleute auf dem Gebiet der angewandten Elektrizität herbeiführen. Die Idee seiner Veranstaltung stammt von der Asociación Argentina de Electrotécnicos, das Ehrenkomitee steht unter Führung des Präsidenten der argentinischen Republik. Der vorbereitende Ausschuß, dessen Vorsitz N. Besio Moreno führt, gliedert sich in 15 Sektionen, denen bekannte Ingenieure, Professoren und Militärs vorstehen. In erster Linie soll der Kongreß informatorischen Charakter haben, weshalb alle Fachleute aufgefordert werden, Originalarbeiten, die allgemeine oder spezifisch südamerikanische Themen behandeln, beizutragen. In Betracht kommen: Elektrizität und Magnetismus, Unterricht und Geschichte, Statistik, Elektrizitätserzeugung und -verteilung, Elektrizität in der Industrie, Beleuchtung, Wärme, Nachrichtenübermittlung, Anwendung des Stroms in Haushalt und Geschäft, Stromwerbung, Elektrochemie, Anwendung in der Medizin, der Landwirtschaft sowie in Heer und Flotte, schließlich Gesetzgebung und Vorschriften. Um die Wahl der zu behandelnden Themen zu erleichtern und auch gewisse Richtlinien zu geben, welche Gebiete für den Kongreß von besonderem Interesse sind, hat man eine Liste mit rd. 180 Titeln zusammengestellt, von denen einige bei der Schriftleitung der ETZ einzusehen sind. Neben Rundgängen durch industrielle Betriebe, Lehrstätten und wissenschaftliche Institute soll während des Kongresses eine Schau „Das vollelektrische Heim" stattfinden, und auch die großen Importhäuser elektrischer Maschinen und Geräte werden Ausstellungen veranstalten. Einen bedeutenden Anziehungspunkt dürften die großen Kraftwerke von Buenos Aires bilden. Man erwartet auch die Mitarbeit nicht südamerikanischer Fachleute, doch soll der kontinentale Charakter gewahrt bleiben. Generalsekretär des Kongresses (Buenos Aires, Paseo Colón 185) ist der unseren Lesern bekannte Ingenieur R. F. Ascher.

Internationaler Gießerei-Kongreß, Mailand 1931[1]. — Wie uns der Verein deutscher Gießereifachleute, Berlin, mitteilt, hat sein Vorstand die offizielle Teilnahme der reichsdeutschen Mitglieder an dem vom 12. bis 16. IX. stattfindenden Kongreß der wirtschaftlichen Lage wegen abgesagt. Von der vom Verein geplanten Gemeinschaftsreise muß daher Abstand genommen werden.

Die Reichspost auf der Großen Deutschen Funkausstellung, Berlin 1931. — Auch in diesem Jahr wird die Deutsche Reichspost die Besucher wieder mit den Fortschritten in der Technik des Fernsehens bekanntmachen und diesmal nur Bilder mit mindestens 5000 Bildpunkten zeigen. Ferner kommen u. a. ein Modell des künftigen Berliner Großsenders (75 kW) sowie Einrichtungen zur Vorführung, die eine außerordentlich große Konstanz der Sendefrequenz sicherstellen.

Faraday-Ausstellung, London 1931. — Gelegentlich der Jahrhundertfeier der Entdeckung der Induktion elektrischer Ströme durch M. Faraday (29. VIII.) findet vom 23. IX. bis 3. X. in der Londoner Albert Hall eine Ausstellung statt, die das Werk des großen Forschers und die darauf beruhenden Methoden und Errungenschaften der modernen Elektrotechnik dem Besucher vor Augen führen soll. Der allgemeine Teil der Schau, für die eine besondere, schattenlose Beleuchtung vorgesehen ist, wird in neun Gruppen die Erzeugung, Übertragung, Verteilung, Umformung des elektrischen Stroms, elektrische Zugförderung, Anwendungen der Elektrizität in der Industrie, im Haushalt, die Fernmeldetechnik usw. umfassen.

[1] Vgl. ETZ 1931, S. 544.

Energiewirtschaft.

Kostensenkung durch Verbesserung des Leistungsfaktors[1]. — Der Tarif „W" der Duquesne Light Co., Pittsburgh Pa., ist ein kVA-Grundgebührentarif mit gestaffeltem Leistungs- und Arbeitspreis. Da die Grundgebühr auf kVA-Basis berechnet wird, zeigen die Strompreise eine starke Abhängigkeit vom cos φ; die durch den Blindstrom verursachten Mehrkosten sind daher erheblich. Abb. 12 gibt die Zuschläge für verschiedene Werte des cos φ, unter Zugrundelegung einer Benutzungsdauer von 2630 h/Jahr (30 % Belastungsfaktor) wieder. Infolge dieser hohen Zuschläge sind die Abnehmer an der Blindstromkompensation besonders interessiert.

Abb. 12. Tarif „W" der Duquesne Light Co. bei 30 % Belastungsfaktor.

Eine Pittsburgher Industriefirma arbeitete mit cos φ = 0,56 ... 0,59. Transformatoren und Leitungen waren derart überlastet, daß die Firma an die Errichtung einer eigenen Zusatzanlage dachte. Durch Aufstellung von zwei Kondensatoren je 75 kVA wurde der Blindstrom kompensiert und die Anlage hierdurch genügend entlastet; die monatliche Stromkostenersparnis beträgt 223 $, so daß sich die Anlage in 1½ Jahren bezahlt macht.

Bei einer anderen Gesellschaft betrug der cos φ 0,57; man wechselte einen Asynchronmotor von 75 PS gegen einen Synchronmotor mit 0,8 kap. aus und stellte einen Kondensator von 35 kVA auf, wodurch der cos φ praktisch auf 1,0 verbessert wurde. Die gesamten Ausgaben hierfür betrugen 2900 $, die jährliche Ersparnis 2100 $.

In anderen Industrieanlagen mit schlechtem cos φ wurden ebenfalls Kondensatoren aufgestellt, durch die die Blindlast kompensiert wurde. Die neuen Vorrichtungen machten sich aus den Ersparnissen in 18 bzw. 10 Monaten bezahlt[2]. (J. F. Wulfetange jun., El. World Bd. 97, S. 628 (1931). Nissel.

Elektrowirtschaftliches aus Japan. — Die im vorigen Jahr hier[3] mitgeteilten Zahlen haben 1928 nach dem Financial and Economic Annual of Japan (1930) folgende Änderungen erfahren: Von insgesamt 55 948 Fabriken mit mehr als fünf Beschäftigten benutzten 46 247 mittels Arbeitsmaschinen betriebenen Werke (43 726 i. V.) 147 343 Elektromotoren (131 994 i. V.) mit zusammen 2,301 Mill PS (2,149 i. V.). Diese verteilten sich auf die einzelnen Industriezweige wie folgt:

Industriezweige	Elektromotoren	
	Zahl	PS
Textilindustrie	42 413	518 500
Metallindustrie	15 271	409 526
Maschinenbau	29 353	439 639
Keramik	5 520	147 843
Chemische Industrie	19 394	396 308
Lebensmittel	16 490	138 602
Holzindustrie	4 847	82 506
Druckereien, Buchbindereien	6 157	24 935
Verschiedene	5 651	39 823
Elektrizität	1 649	89 058
Gas	598	14 021
Summe	147 343	2 300 761

Die Elektrizitätsindustrie beschäftigte im Berichtsjahr 7923 Personen (7665 i. V.), u. zw. 298 Büroangestellte, 1347 leitende Ingenieure usw., 5723 Werkarbeiter bzw. Arbeiterinnen und 555 andere Kräfte. 559 Elektrizität lie-

[1] Vgl. Nissel, Blindstromkompensation bei Großabnehmern, ETZ 1928, S. 389, und M. Tama, Die Verwendung von Kondensatoren zur Verbesserung des Leistungsfaktors unter besonderer Berücksichtigung praktischer Erfahrungen, ETZ 1930, S. 1227.

[2] Es ist interessant, daß man auch in den V. S. Amerika dem kVA-Tarif wachsendes Interesse zuwendet und in erhöhtem Maße Kondensatoren zur Blindstromkompensation heranzieht, obgleich die Preise hierfür verhältnismäßig hoch sind.

[3] ETZ 1930, S. 592.

fernde Unternehmungen (572 i. V.) verfügten über eine Leistung von 1,475 Mill kW (1,377 i. V.), 128 elektrische Bahnbetriebe (117 i. V.) über 2278 kW (3478 i. V.) und 77 beide Betriebsarten vereinigende Gesellschaften über 1,497 Mill kW (1,307 i. V), so daß sich für im ganzen 764 Unternehmungen (761 i. V.) 2,974 Mill kW ergaben (2,688 i. V.). Dazu kamen 5376 Einzelanlagen und Werke von Behörden (5223 i. V.) mit 0,748 Mill kW (0,779 i. V.); insgesamt bestanden sonach 6140 elektrische Unternehmungen (5984 i. V.) mit 3,822 Mill kW (3,467 i. V.). Bei den elektrische Arbeit liefernden oder Bahnen betreibenden Gesellschaften stellte sich die Leistung der Wasserkraft auf 1,887 Mill kW (1,792 i. V.), die der Dampfanlagen (Kohle) auf 1,087 Mill kW (0,896 i. V.), bei den Einzelanlagen und Werken von Behörden auf bzw. 0,403 Mill kW (0,319 i. V.) und 0,444 Mill kW (0,460 i. V.). Die Zahl der Abnehmer von Lichtstrom hat Ende 1928 rd. 10,847 Millionen (10,547 i. V.), die der angeschlossenen Lampen 33,908 Millionen (32,323 i. V.) und die der Elektromotoren 0,412 Millionen (0,340 i. V.) mit 2,263 Mill kW (1,794 i. V.) erreicht. Einschließlich sonstiger Installationen, auf die 0,685 Mill kW entfielen (0,446 i. V.), betrug die Gesamtleistung 2,948 Mill kW (2,240 i. V.). Die elektrischen Unternehmungen verfügten 1928 über ein eingezahltes Kapital von 2868,7 Mill Yen (2677,2 i. V.) bei 1818,8 Mill Yen Anleiheverpflichtungen (1506,0 i. V.). Der Nettonutzen wird mit 282,880 Mill Yen angegeben (279,541 i. V.) Als Wert der von Japan 1929 eingeführten elektrischen Maschinen nennt die Statistik 8,812 Mill Yen (7,782 i. V.). Im Wirtschaftsjahr 1928/29 hatten 99 private und kommunale elektrische Straßenbahnunternehmungen (96 i. V.) ein eingezahltes Kapital von 1803,4 Mill Yen (1805,7 i. V.); sie beförderten bei 1994 km Länge (2064 i. V.) 1862,6 Mill Fahrgäste (1787,9 i. V.), und ihre Nettoeinnahme ist von 58,665 auf 60,169 Mill Yen gestiegen. Unter den im Bericht aufgeführten elf kommunalen elektrischen Straßenbahnen standen die Tokyo Municipal Electric Tramway mit 165 km und die Osaka Municipal Electric Tramway mit 99 km an der Spitze. Die Telegraphenleitungen des Landes erstreckten sich 1929 über 51 340 km (51 271 i. V.) und beförderten mehr als 136 Mill Telegramme (rd. 138 i. V.). Der Fernsprechdienst vermittelte auf insgesamt 50 089 km Streckenlänge über 2,9 Mrd Gespräche (2,586 i. V.).

Aus der deutschen Elektrizitätswirtschaft[1]. — Stromerzeugung und Bezug der Pfalzwerke AG., Ludwigshafen a. Rh., sind 1930 von 115,998 auf 104,366 Mill kWh, der Verkauf von 106,963 auf 97,160 Mill kWh, d. h. um 9,16 % zurückgegangen. Im gesamten ursprünglichen Versorgungsgebiet der Gesellschaft (Rhein- und Saarpfalz) hat sich ihre und die Abgabe der Kraftwerk Homburg AG. mit 121,023 Mill kWh (131,7 i. V) um rd. 8 % gegen das Vorjahr verringert, hauptsächlich infolge Rückgangs bei der Industrie und mittelbar durch diese auch bei den größeren Städten. Die Lieferung an Haushaltungen nach dem Haushalttarif weist dagegen noch eine Zunahme auf, u. zw. nach dem Zimmertarif von 3,1 auf 3,4 Mill kWh. Am Ende des Berichtsjahres waren 630 Städte und Gemeinden mit 0,876 Mill Einwohnern angeschlossen. Einnahmen: 9 573 333 RM (10 370 313 i. V.), Gewinn mit Vortrag: 716 782 RM (763 474 i. V.), Dividende: 7 % bei 10 Mill RM Aktienkapital (8 % auf 9 Mill RM i. V.).

Bei dem Großkraftwerk Württemberg AG., Heilbronn a. N., ist 1930 der Verbrauch der Hauptabnehmer, nämlich des Kraftwerks Altwürttemberg und des Gemeindeverbands Überlandwerk Hohenlohe-Öhringen, wegen günstiger Wasserverhältnisse in ihren eigenen Anlagen zurückgegangen, während der überschießende Rest infolge der allgemeinen wirtschaftlichen Krisis nur zu gedrückten Preisen abgesetzt werden konnte. Erzeugt wurden in der Dampfzentrale Heilbronn und dem Wasserkraftwerk Kochendorf zusammen 28,83 Mill kWh (32,30 i. V.), ferner hat die Berichterstatterin von der Württ. Sammelschienen AG., dem Horkheimer Werk der Neckar-AG., dem Kraftwerk Altwürttemberg und dem obengenannten Gemeindeverband 11,62 Mill kWh (0,97 i. V) bezogen. Die Abgabe betrug insgesamt 38,46 Mill kWh (30,7 i. V.) und der Wirkungsgrad 95 % (92,3 i. V.). Rohüberschuß: 278 557 RM (335 849 i. V.), Gewinn mit Vortrag: 13 455 RM (9039 i. V.), der wieder vorgetragen wurde.

Bei günstigem Wasserabfluß im Neckar konnte das Kraftwerk Altwürttemberg AG., Beihingen, 1930 in Pleidelsheim 16,98 Mill. kWh erzeugen (11,34 i. V.). Im ganzen betrugen Produktion und Bezug 33,8 Mill kWh (25,2 i. V.), die nutzbare Abgabe an das Verteilungsnetz 20,53 Mill kWh (18,77 i. V), an das Elektrizitätswerk Stuttgart 5,9 Mill kWh (4 i. V.) und an die Württ. Sammelschienen AG. 4,23 Mill kWh. Der Verbrauch der Kleinabnehmer ist noch um 7 % gestiegen, der der Großkonsumenten aber um annähernd 3 % zurückgegangen; an die Wiederverkäufer wurden, unter Berücksichtigung der Lieferung an die Württ. Sammelschienen AG., 57 % mehr abgegeben. Rohüberschuß aus Betrieb und Installation: 2 067 976 RM (2 007 814 i. V.), Reingewinn mit Vortrag: 618 184 RM (618 720 i. V.), Dividende wieder 7 % auf 8,4 Mill RM Aktienkapital.

[1] Vgl. ETZ 1931, S. 1044.

Aus dem mit einer Karte der Neckarkanalisierung Mannheim—Plochingen und Abbildungen verschiedener Staustufen ausgestatteten Bericht des Vorstandes über das 10. Geschäftsjahr (1930) der Neckar-AG., Stuttgart, geht hervor, daß die Bauarbeiten an den Staustufen Heidelberg, Neckargemünd, Neckarsteinach, Münster und Cannstatt in der Hauptsache vollendet, neue Staustufen jedoch nicht in Angriff genommen worden sind. Mit der Herstellung der Stufen Hirschhorn und Rockenau hat man im Frühjahr 1931 begonnen. Von den Kraftwerken kamen neben Herrenmühle (Heidelberg) die der Staustufen Neckargemünd und Cannstatt in Betrieb, Neckarsteinach folgte anfangs April 1931; es ist mit Neckargemünd durch ein 20 kV-Kabel verbunden. Im ganzen wurden 1930 rd. 137 Mill kWh bei einer Gesamtleistung von rd. 45 000 PS erzeugt. Die Einnahmen aus den Kraftwerken betrugen 1 771 172 RM (1 247 107 i. V.), aus Sonstigem 207 457 RM (347 205 i. V.).

RECHTSPFLEGE.

Rechtsschutz gegen elektrische Fernwirkungen. — Die folgenden Ausführungen geben in kurzen Zügen den Inhalt eines Aufsatzes wieder, der unter der gleichen Überschrift in der Elektrizitätswirtschaft[1] erschienen ist. Wegen weiterer Einzelheiten der hier angedeuteten Fragen darf ich auf die dortigen Ausführungen verweisen.

Nach § 23 des Gesetzes über Fernmeldeanlagen (FAG) sind elektrische Anlagen, wenn eine Störung des Betriebes der einen Leitung durch die andere eingetreten oder zu befürchten ist, auf Kosten desjenigen Teils, welcher durch eine spätere Anlage oder durch eine später eintretende Änderung seiner bestehenden Anlage diese Störung oder die Gefahr der Störung veranlaßt, nach Möglichkeit so auszuführen, daß sie sich nicht störend beeinflussen. Diese Bestimmung erstreckt sich nicht nur auf Fernmeldeanlagen, sondern umfaßt alle Fernwirkungen von Schwachstromanlagen untereinander und zwischen Starkstrom- und Schwachstromanlagen. Unberührt von § 23 FAG bleibt aber nach allgemeiner Ansicht die Kollision von Starkstromleitungen untereinander. Streitig ist, ob auch die Rundfunkempfangsanlagen unter § 23 FAG gehören. Faßt man sie darunter, so gelten alle weiteren Ausführungen auch für die Rundfunkstörungen.

I. Der Inhalt des § 23 FAG.

1. Es wird nicht ein Anspruch auf Unterlassung der Störwirkungen geschaffen, sondern nur die Verpflichtung, Schutzmaßnahmen zu treffen.

2. „Nach Möglichkeit" bedeutet technische und wirtschaftliche Durchführbarkeit der Schutzmaßnahmen. Die Störbefreiung muß technisch möglich, die entstehenden Kosten müssen wirtschaftlich zumutbar sein; sie dürfen ferner den Betrieb der Anlage, an der sie angebracht werden, in seiner Wirtschaftlichkeit nicht ernstlich beeinträchtigen.

3. Der Anspruch auf störungsfreie Gestaltung der Anlagen ist nicht von der Priorität abhängig. Auch der Inhaber der jüngeren Anlage kann Störschutzmaßnahmen im Rahmen der Möglichkeit verlangen. Der Wortlaut des § 23 FAG ergibt, daß lediglich für die Kostenpflicht die Priorität entscheidend ist. Zwischen Anspruch und Kostenpflicht wird deutlich unterschieden. Klagt der Inhaber der jüngeren Anlage, so muß er sich zur Tragung der Kosten bereiterklären.

4. Die jüngere Anlage ist kostenpflichtig, wenn sie die Störungen veranlaßt. Das ist dann nicht der Fall, wenn die elektrischen Einwirkungen nur durch technische Mängel der älteren Anlage in Erscheinung treten, wenn also die ältere Anlage gegen die Einflüsse der Umwelt nicht genügend in sich geschützt ist. Für die Rundfunkstörungen ist das von besonderer Bedeutung, da hier in zahlreichen Fällen die Fernwirkungen nur infolge einer störanfälligen Gestaltung der Empfangsanlage als Störung empfunden werden und durch deren zweckentsprechende Umgestaltung mit verhältnismäßig einfachen Mitteln beseitigt werden können.

II. Das Verhältnis von § 23 FAG zu den allgemeinen Bestimmungen des BGB.

Die elektrischen Fernwirkungen sind ausschließlich nach § 23 FAG zu behandeln. Die allgemeinen Vorschrif-

[1] Bd. 30, S. 383 (1931).

ten des bürgerlichen Rechtes, insbesondere die Bestimmungen über Besitz und Eigentum, scheiden daneben vollständig aus. § 23 FAG ist ein ausschließendes Sondergesetz. Die im Funkrecht vertretene abweichende Absicht, die § 23 FAG lediglich als spezialisierte Ergänzungsvorschrift ansehen will, ist unrichtig:

1. Der bürgerlichrechtliche Anspruch geht auf absolute Unterlassung der Störung. Der Anspruch nach § 23 FAG richtet sich nur auf Schutzvorkehrungen und ist außerdem von der „Möglichkeit" abhängig, hat also wesentlich geringeren Umfang als der Unterlassungsanspruch. Worin soll dessen „Ergänzung" bestehen?

2. Man kann auch nicht argumentieren, in § 23 FAG sei nur der Fall abschließend und ausschließlich geregelt, daß eine jüngere Anlage eine ältere störe, im übrigen seien die allgemeinen Vorschriften anzuwenden. Nach den obigen Ausführungen ist nur die Kostenpflicht, nicht aber der Anspruch selbst von der Priorität abhängig. Aber auch dann, wenn man die Priorität über den Anspruch entscheiden läßt, kann das nur den Sinn haben, daß der älteren Anlage eine bevorzugte Stellung eingeräumt werden soll. Nach der oben erwähnten Ansicht hätte aber die jüngere Anlage erheblich umfangreichere Ansprüche als die ältere.

3. Nur auf dem nachbarrechtlichen Gebiet ist die Regelung des § 23 FAG abschließend. Ansprüche aus besonderen deliktischen Tatbeständen (§ 826 BGB, § 19 FAG in Verbindung mit § 823 II BGB) werden nicht ausgeschlossen. Für die Frage, ob eine objektive Rechtswidrigkeit vorhanden ist, muß allerdings § 23 FAG beachtet werden.

4. Das Reichsgericht hat bereits in einer früheren Entscheidung (RG Bd. 52, S. 63 ff) zu der Frage Stellung genommen. Es schließt neben § 23 FAG alle sonstigen Ansprüche, insbesondere auch die Schadensersatzansprüche des § 26 GewO, aus.

5. Auch das neue dänische Gesetz zum Schutze des Rundfunks trennt den Anspruch auf Schutzvorkehrungen von der Kostenpflicht. Anspruchsgegner und Kostenpflichtige sind nicht immer identisch. Ein Rundfunkhörer, der nicht in der Lage ist, durch Maßnahmen an der Empfangsanlage einen einwandfreien Bezirksempfang herzustellen, kann im Rahmen technischer und wirtschaftlicher Zumutbarkeit stets Schutzvorkehrungen verlangen. Er muß aber selbst die Kosten tragen, wenn die elektrische Anlage bei Inkrafttreten des Gesetzes bereits vorhanden war.

Dr. E. Eiser, Berlin.

VEREINSNACHRICHTEN.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker
(Eingetragener Verein.)
Geschäftstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 7 Pallas 7286.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Bekanntmachung.

Elektroflurfördergeräte.

Der beim Deutschen Normenausschuß gegründete Fachnormenausschuß „Flurfördergeräte" hat für die Ausarbeitung von Normen für Elektroflurfördergeräte beim Zentralverband der deutschen elektrotechnischen Industrie eine besondere „Fachnormengruppe Elektroflurfördergeräte" gebildet.

Die von dieser Normgruppe aufgestellten Normen fallen unter die DIN VDE-Normen; die Entwürfe werden daher an dieser Stelle veröffentlicht.

Nachstehend wird der Entwurf zu dem ersten Normblatt

DIN VDE 3550 „Elektroflurfördergeräte. Vorsteckbolzen. Anschlußmaße"

bekanntgegeben.

Einsprüche gegen diesen Entwurf sind in doppelter Ausfertigung bis zum 1. Oktober 1931 an die Geschäftstelle des VDE zu richten.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

Noch nicht endgültig

Elektroflurfördergeräte
Vorsteckbolzen
Anschlußmaße
Elektrotechnik

DIN
Entwurf 1
VDE 3550

Maße in mm

Die bildliche Darstellung ist für die Ausführung nicht verbindlich.

Bezeichnung eines Vorsteckbolzens von Länge $L = 125$ mm für eine Nutzlast von 2 t:

Vorsteckbolzen 125 DIN VDE 3550

Für Nutzlast [1] t	L	e Kleinstmaß
bis 2	125	80
über 2 bis 3,5	160	100

[1] Für Nutzlasten über 3,5 t ist der Bolzen nach DIN KrW 853 zu verwenden.

Fehlende Maße sind freie Konstruktionsmaße
Ausführung mit Griff freigestellt
Werkstoff: Flußstahl St. 50. 11

August 1931 Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker

Berlin W 57, Kurfürstenstraße 15/16.

Betrifft: Firmenkennfäden für isolierte Leitungen.

Der Firma: Société Industrielle des Téléphones, Paris, 25 Rue du 4 Septbr., ist das Recht erteilt worden, den dem VDE gesetzlich geschützten schwarz-rot, einfädig bedruckten Verbandskennfaden in Verbindung mit einem schwarz-gelb-rot-gelb, einfädig bedruckten Firmenkennfaden in isolierten Leitungen, welche den Vorschriften des Verbandes Deutscher Elektrotechniker entsprechen, zu verwenden und diese Leitungen als „Codex"-Leitungen zu bezeichnen.

Die Genehmigung gilt für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen, und zwar für die Typen:

NGA, NSA, NPL, NPLR, NFA.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.
P. Schirp.

SITZUNGSKALENDER.

Deutsche Physikalische Gesellschaft, Deutsche Gesellschaft für technische Physik, Deutsche Mathematiker-Vereinigung, Gesellschaft für angewandte Mathematik und Mechanik. 13. bis 18. IX. 1931: 7. Deutscher Physiker- und Mathematikertag in Bad Elster. Zugleich 11. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für technische Physik. Auskunft erteilt Geheimrat Scheel, Charlottenburg 2, Werner-Siemens-Str. 8/12.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

Emil Warburg †.

Am 28. Juli ist der Nestor der deutschen Physiker, der frühere Präsident der Physikalisch-Techn. Reichsanstalt, Wirkl. Geh. Oberregierungsrat Prof. Dr. Dr.-Ing. E. h. Emil Warburg, Ehrenmitglied des Elektrotechnischen Vereins, Mitglied in- und ausländischer Akademien und Inhaber des Adlerschildes des Reichspräsidenten, im 86. Lebensjahr seines an Arbeit, Universalität und Erfolgen gleich reichen Lebens auf seinem Gut Grunau bei Bayreuth verschieden.

E. Warburg †.

1846 in Altona geboren, widmete sich Warburg, zunächst der Chemie zuneigend, bei Magnus in Berlin der physikalischen Forschung. (Es berührt eigenartig, aus Warburgs Erinnerungen zu erfahren, daß damals die Aussichten, nach Faradays großen Entdeckungen neue bedeutende Ergebnisse aufzufinden, überwiegend skeptisch beurteilt wurden.) Warburgs charakteristische, experimentell wie theoretisch tiefschürfende Forschungsarbeiten führten ihn in rascher Folge durch die akademische Laufbahn. Bald nach dem Kriege von 1870, aus dem Warburg als Offizier mit dem Eisernen Kreuz heimkehrte, wurde er außerordentlicher Professor in Straßburg, dann 1876 in Auswirkung berühmter Untersuchungen, die er mit seinem Freunde Kundt über die kinetische Energie der Gase durchgeführt hatte, Ordinarius für Physik in Freiburg i. Br. Hier schuf er mit der epochemachenden Entdeckung und Berechnung der schädlichen Hysteresis-Erwärmung bei wechselnder Magnetisierung jenen Grundpfeiler der Physik und Elektrotechnik, dessen Berücksichtigung für den Transformatoren-, Dynamo- und Motorenbau für immer von der größten Bedeutung geworden ist. Von hoher universeller Bedeutung wurden auch seine in Freiburg begonnenen Untersuchungen über den Elektrizitätsdurchgang durch Gase, auf deren erstmalig quantitativ klargelegten wissenschaftlichen Grundlinien u. a. die heutigen Leuchtröhren, Glimmlicht-Gleichrichter- und Blitzschutzröhren fußen. 1895 wurde Warburg, der sich auch durch sein noch heute mustergültiges Lehrbuch der Experimentalphysik hohe Wertschätzung erworben hatte, an die Berliner Universität berufen, wo er mit einem großen Schülerkreis eine Fülle bedeutsamer Untersuchungen, u. a. über elektrochemische Probleme veröffentlichte. 1905 erfolgte seine Berufung in die zentrale Stellung als Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt zu Charlottenburg, dessen vorzugsweise andersartigen Arbeitskreis — Ausbildung und Pflege internationaler Maßeinheiten — er in gleich vorbildlicher Weise meisterte. Auch als Forscher zeigen ihn diese Jahre auf einem neuen Höhepunkt durch eine Folge hochbedeutsamer Untersuchungen über die chemischen Wirkungen des Lichts, in denen er zum ersten Male den photochemischen Energieumsatz quantitativ aufklärte und zugleich die Gültigkeitsgrenzen der Einsteinschen photochemischen Theorie feststellte.

Als Präsident der Reichsanstalt trat Warburg auch zur Technik in mannigfache, durch die Verleihung des Dr.-Ing. E. h. gewürdigte fruchtbare Beziehungen, die er in seiner gedankenreichen Art gelegentlich einer Einweihungsrede durch den Satz beleuchtete: „In ihren ureigensten Zielen fördern sich Wissenschaft und Technik gegenseitig, indem die neuen Wege von der Wissenschaft trassiert und alsdann zu breiten und bequemen Straßen umgeschaffen werden, auf welchen die Wissenschaft bisher unbekanntes Terrain leichter erreicht." Neben der Sicherung und dem Ausbau der internationalen Grundeinheiten knüpfen sich an seinen Namen insbesondere seine auf harmonisches Zusammenarbeiten von Technik und Wissenschaft abzielende Umorganisation der Reichsanstalt in drei wissenschaftlich-technische Fachabteilungen, ferner ihre wichtige Erweiterung durch ein neues Starkstromgebäude und durch Angliederung von Laboratorien für Wärmetechnik und Kältetechnik, Radioaktivität und Röntgentechnik, endlich die Zusammenfassung und Vertiefung der beleuchtungstechnischen Fragen in der durch ihn ins Leben gerufenen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft.

Um den Elektrotechnischen Verein erwarb sich Warburg namentlich als dessen Vorsitzender in den Jahren 1907 und 1908 bedeutsame organisatorische Verdienste. Der Elektrotechnische Verein hat diese aufopfernde, erfolgreiche Tätigkeit, die mit ihrem freien, auf das Wesentliche gerichteten Blick damals Ordnung in das gesamte deutsche elektrotechnische Vereinswesen brachte, s. Z. durch die Verleihung der Siemens-Stephan-Gedenkplatte und die Ehrenmitgliedschaft gewürdigt. Seit 1922 hatte sich Warburg, durch ein Augenleiden behindert, von der Bürde der Amtsgeschäfte zurückgezogen, aber in bewundernswerter Frische seine Forschungstätigkeit bis in die jüngsten Tage fortgesetzt.

Sein Lebenswerk und Wesen wird, getragen von der großen Schar seiner erfolgreichen Schüler in Wissenschaft und Technik, in der ganzen Welt für alle Zeiten in dankbarem Gedächtnis vielfach befruchtend weiterleben.

C. Müller.

A. R. Bundzus †. — Am 7. August starb in Berlin im Alter von 66 Jahren der Zivilingenieur August Robert Bundzus. Mit ihm ist eines der ältesten Mitglieder des Elektrotechnischen Vereins aus dem Leben geschieden. Bevor er sich als Zivilingenieur niederließ, hat A. R. Bundzus im Dienste der Bergmann-Elektricitäts-Werke gestanden, als deren Fabrikdirektor er 1923 das Fest 30jähriger Firmenzugehörigkeit begehen konnte[1]. Der Elektrotechnische Verein schuldet seinem ehemaligen Vorstandsmitglied besonderen Dank für langjährige eifrige Mitarbeit; auch der VDE besaß in dem Verstorbenen einen tatkräftigen Helfer, der sein reiches Wissen und seine Erfahrungen besonders auf seinem Spezialgebiet, der Installationstechnik, stets freudig für die Kommissionsarbeiten des Verbandes zur Verfügung gestellt hat.

Auszeichnungen. — Dem Ehrenmitglied des Elektrotechnischen Vereins Prof. Dr. Luigi Lombardi, Rom, wurde von der T. H. Aachen in Anerkennung seiner hervorragenden Verdienste als Lehrer und Forscher um die Entwicklung der Elektrotechnik und insbesondere seiner wissenschaftlichen Arbeiten auf dem Gebiete der Elektrizität und des Magnetismus die Würde eines Dr.-Ing. E. h. verliehen.

BRIEFE AN DIE SCHRIFTLEITUNG.

(Der Abdruck eingehender Briefe erfolgt nach dem Ermessen der Schriftleitung und ohne deren Verbindlichkeit.)

Streuungsberechnung und Feldbild in der Elektrotechnik.

Zu der Arbeit des Herrn Dr.-Ing. Th. BÖDEFELD, Karlsruhe, in H. 24, S. 763, gestatte ich mir folgendes zu bemerken:

[1] ETZ 1923, S. 92.

Auf S. 765 könnte man den Eindruck gewinnen, als sei die Gesamtstreuung

$$\sigma \equiv 1 - \frac{M^2}{L_1 L_2} = 1 - \frac{1}{(1+\sigma_1)(1+\sigma_2)} \tag{6}$$

von BLONDEL definiert worden. BLONDEL kann aber bestenfalls die Bezeichnung „Gesamtstreuung" geprägt haben, denn in seiner Arbeit „Theoretisches über asynchrone Wechselstrommotoren", ETZ 1893, H. 36, S. 519, setzt BEHN-ESCHENBURG auf S. 521

$$L_1 L_2 - M^2 = \sigma$$

(σ ist also hier keine reine Zahl und wird in H^2 gemessen und als „Ausdruck der Streuung" bzw. als „von der Streuung bedingte Konstante" bezeichnet), und in einer weiteren Arbeit, „Theoretisches über Wechselstrommotoren", ETZ 1894, H. 13, S. 178, setzt derselbe auf S. 179

$$M^2 = L_1 L_2 (1 - \sigma).$$

(Hierin ist σ eine reine Zahl!) Erst 1895 regt BLONDEL in seiner Arbeit „Einige Bemerkungen über den Streuungskoeffizienten bei Mehrphasenstrommotoren", ETZ 1895, H. 39, S. 625, in Anlehnung an HOPKINSON die Einführung primärer und sekundärer Streukoeffizienten an, deren erster beispielsweise bei nur primärer Erregung durch

$$v_1 = \frac{\text{Gesamtfluß}}{\text{Nutzfluß}} = \frac{\Phi_{1\,ges}}{\Phi_{12}} = \frac{L_1}{L_{12}}$$

(L_1 = primäre Gesamtinduktivität, L_{12} = primäre Nutzinduktivität) definiert ist. In Gl. (6) sind ferner σ_1 und σ_2 die HEYLANDschen Streufaktoren[1]. Der primäre HEYLANDsche Streufaktor τ_1 (Schreibweise nach HEYLAND) ist für primäre Erregung definiert durch

$$\tau_1 = \frac{\text{Streufluß}}{\text{Nutzfluß}} = \frac{\Phi_{1s}}{\Phi_{12}} = \frac{L_{1s}}{L_{12}},$$

(L_{1s} = primäre Streuinduktivität). Es gelten die Beziehungen

$$v_1 = 1 + \tau_1$$

und mit $\tau = \tau_1 + \tau_2 + \tau_1 \tau_2$

$$\sigma = \frac{\tau}{1+\tau}.$$

Herr Dr. BÖDEFELD hätte wegen der erwähnten Identität $\sigma_1 = \tau_1$ ebensogut

$$\tau = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_1 \sigma_2$$

schreiben können.

(Hierzu s. a. EMDE, Die Arbeitsweise der Wechselstrommaschinen, Verlag Julius Springer, Berlin 1902, S. 18 u. f.)

Dresden, 11. VI. 1931. G. Hauffe.

Wenn wissenschaftliche Erörterungen zum Ziele führen sollen, ist es notwendig, Übereinstimmung in den Benennungen herzustellen. Es sei daher vorerst bemerkt, daß der in dem genannten Aufsatz verwendete Streufaktor $\frac{L_1 L_2 - M^2}{L_1 L_2}$ nicht der von BLONDEL, sondern der von BEHN-ESCHENBURG ist. Der BLONDELsche Streufaktor ist $\frac{L_1 L_2 - M^2}{M^2}$. Der erste liegt zwischen 0 und 1, der zweite zwischen 0 und ∞.

Herr BÖDEFELD benutzt die Teilfaktoren $\sigma_1 = \frac{L_1 - \lambda_1 M}{\lambda_1 M}$, $\sigma_2 = \frac{L_2 - \lambda_2 M}{\lambda_2 M}$. Setzt man seine weiteren Gleichungen (17) und (18), nämlich:

$$L_{1h} = \lambda_1 M \qquad L_{2h} = \lambda_2 M$$
$$L_1 - L_{1h} = L_{1\sigma} \qquad L_2 - L_{2h} = L_{2\sigma}$$

ein, so ergibt sich

$$\sigma_1 = \frac{L_1 - L_{1h}}{L_{1h}} = \frac{L_{1\sigma}}{L_{1h}} = \tau_1.$$

Auf gleiche Weise findet man $\sigma_2 = \tau_2$. Das sind nach üblicher Bezeichnung nichts anderes als die Teilfaktoren des gesamten HEYLANDschen Streufaktors $\tau = \tau_1 + \tau_2 + \tau_1\tau_2$. In meiner Darstellung[2] sind $L_{1s} = L_{1\sigma}$ und $L_{2s} = L_{2\sigma}$ die Induktivitäten der Streufelder, ferner $L_{1f} = L_{1h}$ und $L_{2f} = L_{2h}$ die Induktivitäten der fiktiven Felder. (Herr BÖDEFELD nennt sie „Nutzinduktivitäten".)

Durch die Einführung der Faktoren $\lambda_1 = \frac{w_1 \xi_1}{w_2 \xi_2}$ und $\lambda_2 = \frac{w_2 \xi_2}{w_1 \xi_1}$ hat Herr BÖDEFELD seine σ_1 und σ_2 von dem methodischen Fehler einer älteren Definition $\left(\sigma_1 = \frac{L_1 - M}{M}, \sigma_2 = \frac{L_2 - M}{M}\right)$, nämlich von der Abhängigkeit von den Windungszahlen und vom Negativwerden befreit; sie sind aber dadurch (wie eben gezeigt) zu τ_1 bzw. τ_2 geworden. Es steht nun zur Beurteilung, ob man dieses τ_1 (und analog τ_2) lieber durch den umständlichen Ausdruck $\frac{L_1 - \lambda_1 M}{\lambda_1 M}$ mit $\lambda_1 = \frac{w_1 \xi_1}{w_2 \xi_2}$ als durch den für das Verständnis und für die Berechnung einfacheren Ausdruck $\frac{L_{1\sigma}}{L_{1h}}$ darstellt.

Es sei noch bemerkt, daß in den Definitionen $\frac{L_{1\sigma}}{L_{1h}}$ bzw. $\frac{L_{2\sigma}}{L_{2h}}$ auch die sogenannte doppelt verkettete Streuung und die nicht vollständige Verkettung gezeichneter Kraftlinien mit allen Windungen einer Spule einwandfrei enthalten ist, weil nach einer seit mehr als 60 Jahren in der theoretischen Physik feststehenden Darstellung $M \frac{d i_1}{d t}$ die vom Strome i_1 in einem anderen Stromkreis induzierte EMK und $L_1 \frac{d i_1}{d t}$ die im eigenen Stromkreis induzierte EMK bedeutet — gleichgültig, ob eine oder sämtliche Kraftlinien mit einer oder mit sämtlichen Windungen verkettet sind.

Über die physikalische Bedeutung der magnetischen Energiegleichung eines Transformators möchte ich auf § 167 der 6. Aufl. des genannten Buches hinweisen.

Berlin, 18. VI. 1931. G. Benischke.

Erwiderung.

Beide Zuschriften habe ich hinsichtlich der strittigen „BLONDELschen Gesamtstreuziffer" dankend zur Kenntnis genommen. Es ist mir leider nicht möglich, zu dieser Frage auf Grund eigenen Studiums der Literatur aus den Anfängen der Elektrotechnik Stellung zu nehmen. Für die Entwicklungen in meiner Arbeit sind natürlich nur die mathematischen Definitionen, aber nicht ihre Benennung maßgebend. Die Zusammenhänge sind rein mathematisch folgende:

Zwischen den beiden Gesamtstreuziffern

$$\sigma = 1 - \frac{M^2}{L_1 L_2} \text{ und } \tau = \frac{L_1 L_2}{M^2} - 1$$

besteht die einfache Beziehung

$$\sigma = \frac{\tau}{1+\tau},$$

wie man durch Einsetzen erkennt. Die Zerlegung in die Teilfaktoren lautet:

$$\sigma = 1 - \frac{1}{(1+\sigma_1)(1+\sigma_2)} \text{ und } \tau = \tau_1 + \tau_2 + \tau_1 \tau_2.$$

Führt man diese Teilfaktoren in die obige Beziehung zwischen σ und τ ein, dann erkennt man ohne weiteres, daß die Identitäten

$$\sigma_1 \equiv \tau_1 \text{ und } \sigma_2 \equiv \tau_2$$

bestehen müssen. Die Teilfaktoren sind also (in Übereinstimmung mit Herrn Dr. HAUFFE) in beiden Fällen gleich, nur ihre Zusammensetzung zur Gesamtstreuziffer erfolgt in verschiedener Weise.

Karlsruhe, 27. VI. 1931. Th. Bödefeld.

LITERATUR.

Besprechungen.

Gewichtsverlegung und Ausnutzung des Reibungsgewichtes bei elektrischen Lokomotiven mit Einzelachsantrieb. Von Dr.-Ing. H. G. Lindner (Forschungsarb. a. d. Geb. des Ingenieurwes., herausgeg. vom VDI, Heft 333). Mit 32 Abb., 2 Zahlentaf. u. 2 Tab., IV u. 26 S. in 4°. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1930. Preis geh. 5 RM (für VDI-Mitgl. 4,50 RM).

Der Verfasser hat sich die Aufgabe gestellt, die bei Lokomotiven mit Einzelachsantrieb durch das Zusammenwirken von Zugkraft und Motordrehmomenten entstehen-

---

[1] Heyland, Beitrag zur graphischen Behandlung der verschiedenen Wechselstromprobleme. ETZ 1896, S. 633.
[2] Wiss. Grundlagen d. Elektrot., 3.-6. Aufl., Berlin, Verlag Julius Springer. — El. u. Maschinenb. Wien 1931, S. 322.

den Kräfte am Lokomotivrahmen, den Achsen, Federn und Motoraufhängungen analytisch zu untersuchen, die einzelne Achsen zusätzlich entlasten, andere zusätzlich belasten und daher das Reibungsgewicht nicht voll auszunutzen gestatten. In einem einleitenden Kapitel werden die Rechnungsgrundlagen festgelegt, dann wird im ersten Abschnitt zunächst vom Einzelachsantrieb mit Tatzenlagermotor ausgegangen, die auf diesen und den Lokomtivrahmen wirkenden Kräfte und die Verteilung der zusätzlichen Kräfte auf die Achsen werden berechnet und die Ergebnisse auf die Antriebe mit Gestellmotoren übertragen und an einem einfachen Beispiel erläutert. — Im zweiten Abschnitt werden sowohl für Lokomotiven mit einem Triebgestell als auch mit zwei Triebgestellen die Bestwerte des Ausnutzungsfaktors ermittelt und die Ergebnisse in Anordnungsregeln und Tabellen zusammengefaßt. Den Schluß der Arbeit bildet ein ausführlicher kritischer Literaturbericht.

Die äußerst interessante, sehr zu empfehlende Abhandlung führt zu teilweise neuen Erkenntnissen für die zweckmäßigste Achs- und Motoranordnung, den Federausgleich und die Art und Lage der Drehgestellverbindung, die allerdings nicht durchweg praktisch durchführbar sein werden. K. Sachs.

Das Lichtbogenschweißen. Eine Einführung i. d. Technik des Lichtbogenschweißens. Von Dipl.-Ing. E. Klosse. (Werkstattbücher H. 43.) Mit 65 Abb. i. Text u. 56 S. in 8⁰. Verlag Julius Springer, Berlin 1931. Preis kart. 2 RM.

Das Büchlein behandelt auf 56 Seiten den Stoff in 3 Abschnitten: 1. die Grundlagen, 2. das Erlernen, 3. die amtlichen Bestimmungen der elektrischen Lichtbogenschweißung. Die Grundlagen sind sehr kurz gehalten, denn darüber ist im Schrifttum schon genug gesagt worden. Dagegen ist hier das Entwerfen und Berechnen von geschweißten Bauteilen eingehender und sogar mit Beispielen behandelt worden, auch über die Kostenberechnung ist das Nötige gesagt. Die Zusammenstellung der bisher erschienenen amtlichen Bestimmungen über das Schweißen ist auch sehr erwünscht. Es sind einige Fehler und Ungenauigkeiten besonders im Abschn. 1 vorhanden, die wohl bei der nächsten Auflage verschwinden werden. Das Büchlein dürfte besonders wegen der Abschn. 2 und 3 von allen, an die es sich richtet, gern gekauft und studiert werden.

J. C. Fritz.

Metallographie der technischen Kupferlegierungen. Von Dipl.-Ing. A. Schimmel. Mit 199 Abb. i. Text, einer mehrfarb. Taf. u. 5 Diagramm-Taf., VI u. 134 S. u. 4 S. Anhang in gr. 8⁰. Verlag Julius Springer, Berlin 1930. Preis geh. 19 RM, geb. 20,50 RM.

Das Buch von Schimmel ist ein technisches Buch, wie wir es brauchen. Es fußt auf seiner reichen praktischen Erfahrung als Leiter der Prüfanstalt der Hirsch-Kupferwerke, wie man schon daran sieht, daß die Mikrophotogramme alle in der seiner Leitung unterstellten Anstalt hergestellt worden sind. Das ganze Buch ist vom Standpunkt eines Praktikers geschrieben, der aber die Grundlagen der Theorie vollkommen beherrscht, so daß die Darstellung die Vorzüge des praktischen Wertes mit dem der theoretischen Korrektheit und Sicherheit verbindet. Der Verfasser verliert sich nirgends in akademische Erörterungen, alles, was gebracht wird, ist aktuell. Der größte Teil des Buches ist, seiner technischen Bedeutung entsprechend, dem Messing gewidmet. Daneben werden auch alle anderen Kupferlegierungen von technischer Bedeutung besprochen, die Bronze, das Neusilber usw. Besonders eingehend ist der Zusammenhang der Struktur mit der technischen Behandlung der Legierungen und ihre Bedeutung für diese beschrieben.

Das vorliegende Buch ist als ein Analogon zu dem bekannten Buch von Preuß: „Die praktische Nutzanwendung der Prüfung des Eisens durch Ätzverfahren und mit Hilfe des Mikroskops" gedacht. Es ist in diesem Zusammenhang verständlich, aber vielleicht zu bedauern, daß die Festigkeitseigenschaften der Legierungen nicht eingehender behandelt werden: im ganzen Buch findet sich darüber kaum eine Tabelle. Da es anzunehmen ist, daß das Werk von Schimmel einen großen Absatz finden wird, ist zu hoffen, daß in seiner zweiten Auflage in der angegebenen Weise wird ergänzt werden können.

Das Buch ist klar und fließend geschrieben, die Mikrophotogramme sind ausgezeichnet. Es füllt eine lange empfundene Lücke bestens aus, und es ist nur zu wünschen, daß die Praktiker, insbesondere die Verwender der Kupferlegierungen, es recht oft zu Rate ziehen.

G. Masing.

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Aus der Geschäftswelt. — Die Accumulatoren-Fabrik AG., Berlin, ist im Jahr 1930 infolge der Zurückhaltung ihrer Kundschaft mit Akkumulatorenbestellungen zu Betriebseinschränkungen und Personalverringerung gezwungen worden. Den durch Vereinfachung des Geschäftsgangs und die Auswirkung früherer Rationalisierungsmaßnahmen hinsichtlich einer Senkung der Unkosten erzielten Erfolg haben die Erhöhung der Steuern und sozialen Lasten sowie der Rückgang des Durchschnittswertes aller Einzelbestellungen bei gleichzeitig steigender Auftragszahl teilweise wieder aufgehoben. Von der Krisis weniger erfaßt waren Absatzgebiete, die den täglichen Konsum mit Verbrauchsgütern beliefern. Die Möglichkeit, 12 % Dividende zu verteilen (8 % und 10 % Bonus i. V.), verdankt die Gesellschaft, wie der Vorstand bemerkt, in erster Linie den Erträgnissen ihrer Beteiligungen und der vorsichtigen Bilanzierung früherer Jahre. Bruttoüberschuß: 3 640 647 RM (3 202 692 i. V.), Gewinn mit Vortrag: 2 503 285 RM (3 919 276 i. V.). — Zur Vertiefung der durch einen seit mehreren Jahren auf dem Elektrofiltergebiet bestehenden Patentaustausch angebahnten gemeinsamen Arbeit haben die Siemens-Schuckertwerke AG. und die Metallgesellschaft AG. die Verwaltung des beiderseitigen umfangreichen Patentbesitzes sowie die Forschung auf diesem Gebiet einer Gemeinschaftsgesellschaft, der Siemens-Lurgi-Cottrell-Elektrofilter-G. m. b. H. für Forschung und Patentverwertung in Berlin übertragen. Diese vergibt das ausschließliche Recht zum Bau und Vertrieb der Elektrofilteranlagen an die der Metallgesellschaft gehörende Lurgi Apparatebau-G. m. b H., Frankfurt a. M. In Verfolg dieser Neuregelung sind die bereits bestehenden Vereinbarungen mit den führenden Elektrofiltergesellschaften des Auslandes, der International Precipitation Co., Los Angeles; Western Precipitation Co., Los Angeles; Research-Corporation, New York, und Lodge-Cottrell Ltd., London, weiter ausgedehnt worden, so daß auch deren Patente und Erfahrungen dem Gemeinschaftsunternehmen zur Verfügung stehen. — Die Berliner Maschinenbau-AG. vormals L. Schwartzkopff und die v. Maffei'sche Erbengemeinschaft haben vor kurzem die ihnen zusammen gehörenden Gesamtanteile der Maffei-Schwartzkopff Werke G. m. b. H., an die AEG und SSW abgetreten. Das Dampflokomotivgeschäft der eingangs genannten Gesellschaft und den Bau mechanischer Teile elektrischer Lokomotiven berührt diese Transaktion nicht, dagegen wird die Abteilung „Elektrische Lokomotiven" der Maffei-Schwartzkopff Werke aus Gründen der Rationalisierung mit der der Bergmann-Elektricitäts-Werke AG. vereinigt.

Deutschlands elektrotechnischer Außenhandel[1]. — Die Verteilung innerhalb des Tarifunterabschnitts 18 B gestaltete sich im Juni 1931 wie folgt:

Waren	Mengen dz		Werte 1000 RM	
	Juni	Jan./Juni	Juni	Jan./Juni
Einfuhr:				
Elektrische Maschinen (einschl. Teile)	2 074	11 132	798	3 620
Elektrot. Erzeugnisse	2 592	14 876	2 094	14 736
Ausfuhr:				
Elektrische Maschinen (einschl. Teile)	22 876	145 333	6 376	41 578
Elektrot. Erzeugnisse	88 489	516 966	28 774	188 025

Für die Einfuhr ergibt sich gegenüber dem Vormonat (4568 dz bzw. 2,689 Mill RM) eine Steigerung um 98 dz und 0,203 Mill RM (8 %), gegen den Parallelmonat von 1930 (4888 dz bzw. 2,885 Mill RM) aber mengenmäßig eine Abnahme um 222 dz (4,5 %), während der Wert um 7000 RM gewachsen ist. Die Ausfuhr mit nach den Zahlen des Reichsamts 2652 dz bzw. 0,991 Mill RM Reparationslieferungen hat sich gegen den Vormonat (92 454 dz bzw. 32,612 Mill RM) um 18 911 dz (20,4 %) und 2,538 Mill RM (fast 8 %) erhöht, weist jedoch im Vergleich zum Juni 1930 (115 212 dz bzw. 39,660 Mill RM) eine Verringerung um 3847 dz (3 %) und 4,510 Mill RM (11 %) auf. Im ersten Halbjahr 1931 ist gegenüber der gleichen Zeit des Vorjahres die Einfuhr um 8938 dz (25,6 %) bzw. 2,684 Mill RM (13 %) zurückgegangen. Die Bezüge aus dem Ausland betrugen der Stückzahl nach 3736 Lichtmaschinen (2282 i. V.), 37 176 Dynamos, Elektromotoren usw. (47 608 i. V.), 5237 Bogen- usw. Lampen (4293 i. V.), 2,680 Mill Metalldrahtlampen (2,709 i. V.) und 0,102 Mill Kohlefaden- usw. Lampen (0,110 i. V.). Bei der Ausfuhr ist ein Minus von 136 574 dz (17 %) bzw. 51,259 Mill RM (18 %) festzustellen. Die Reparationssachlieferungen betrugen in dieser Periode, wiederum nach den berichtigten Zahlen, 28 381 dz

[1] Vgl. ETZ 1930, S. 1155, 1931, S. 951.

Stat. Nr.	Erzeugnisse	Einfuhr in dz			Ausfuhr in dz		
		Juni	Januar/Juni		Juni	Januar/Juni	
		1931	1931	1930	1931	1931	1930
907 a	Lichtmaschinen und Lichtzündmaschinen für Motorfahrzeuge; Anlaßmotoren für Verbrennungsmotoren	24	248	218	858*	3 065*	3 937*
907 b/g	Dynamomaschinen, Elektromotoren, Umformer[1]; Transformatoren und Drosselspulen	2 029	10 461	15 390	20 393*	130 346*	184 796*
907 h	Fertig gearbeitete Anker, Kollektoren[2]	21	423	956	1 625*	11 922*	12 275*
908 a, b	Elektrizitätsammler, deren Ersatzplatten (Elektroden)	305	1 169	1 428	5 094*	28 227*	25 410*
909	Kabel zur Leitung elektrischer Ströme, zur Verlegung in Wasser oder Erde geeignet	459	2 346	3 769	44 734*	228 623*	264 101*
910 a/c	Bogenlampen, Quecksilberdampf-, Quarz- und ähnliche Lampen; Gehäuse dafür mit Glasglocken; Scheinwerfer, Reflektoren[3]	14	96	125	181	1 259*	1 565*
911 a	Metallfadenlampen	113	1 241	1 229	596*	4 081*	5 510*
911 b	Kohlenfaden-, Nernst- und andere Glühlampen	10	48	57	12	100	160
912 A1	Telegraphenwerke; Bestandteile davon	23	54	73	185	391	164
912 A2	Fernsprecher, Fernsprech-, Wand- und Tischstationen, Fernsprechvermittlungseinrichtungen; Bestandteile davon	42	241	173	1 644*	9 709*	11 810*
912 A3	Vorrichtungen für die drahtlose Telegraphie und Telephonie; Bestandteile davon	315	2 930	2 621	4 004*	35 796*	29 190*
912 A4	Meß-, Zähl- und Registriervorrichtungen, auch in Verbindung mit Uhrwerken; Bestandteile davon	124	758	952	2 053	12 237*	15 208*
912 B	Bügeleisen; in der Ausfuhr auch Bestandteile davon	6	46	12	826	3 766	4 149
912 C	Heiz-, Koch- und sonstige Wärmeapparate (ausgenommen 912 B); in der Ausfuhr auch Bestandteile davon	69	505	1 050	1 298	8 123*	7 567*
912 D	Röntgenröhren; in der Ausfuhr auch Bestandteile davon	3	23	15	28	162*	143*
912 E	Magnetzündapparate und sonstige elektrische Zündsysteme sowie Teile davon (ausgenommen Magnete); elektrotechnisches Zubehör für Motorfahrzeuge	156	767	1 151	1 838*	9 104*	12 774*
912 F1	Sicherungs- und Signalapparate; Läutewerke; Bestandteile davon	21	86	65	880	5 618*	5 824*
912 F2	Vorrichtungen für Beleuchtung, Kraftübertragung, Elektrolyse; Vorschalte- und Nebenschlußwiderstände; sonst. a. n. g. Vorrichtungen; Bestandteile davon[4]	834	4 100	4 776	19 234*	126 895*	158 850*
912 F3	Vorrichtungen für ärztliche oder zahnärztliche Zwecke; Bestandteile davon (ausgenommen 912 D)	83	346	305	1 131	7 229*	8 040*
912 F4	Galvanische (auch Trocken-)Elemente, elektr. und galvanische Batterien; Thermoelemente; Bestandteile davon	15	103	153	2 166	21 434*	30 086*
912 F5	Isolationsrollen, -glocken, -knöpfe, Spulen, Taster, Schalter usw. aus Steingut, Porzellan oder Glas (ausgenommen 733 a)	—	15	422	6	6	6
912 F6	Isolationsgegenstände aus Asbest, Asbestpappe, Glimmer oder Mikanit für die Elektrotechnik (Schutzkasten usw.)	—	2	6	30	193	357
912 F7	Isolierröhren für elektr. Leitungen aus Papier oder Pappe und Verbindungsstücke dafür[5]	.	.	.	2 553	14 006*	16 954*
—	Elektrotechnische Erzeugnisse, unvollständig angemeldet	—	—	—	2	13	3
	Summe von Tarifunterabschnitt 18B: Menge in dz	4 666	26 008	34 946	111 365*	662 299*	798 873*
	Summe von Tarifunterabschnitt 18B: Wert in 1000 RM	*2 892*	*18 356*	*21 040*	*35 150**	*229 603**	[10]*280 862**
648 a	Vorgepreßte Blöcke, Platten und Stangen aus Kohle für elektrotechnische Zwecke	24	106	171	690	9 534	52 30
648 b	Kohlenbürsten, Mikrophonkohlen usw.; Kohlenfäden für elektr. Beleuchtungskörper oder dgl., auch in Verbindung mit Platin	7	23	29	58	379	468*
648 c	Brennstifte für Bogenlampen	2	56	436	598	3 990	4 205
648 d	Elektroden	170	1 065	1 922	6 553	92 111	128 737
733 a	Porzellanisolatoren für Telegraphen- oder Fernsprechleitungen[7]	6	6	2	4 514*	26 425*	36 547*
740 a	Glühlampenkolben	6	57	163	772	7 456	7 852
783 c	Bearbeitete Teile von elektrischen Maschinen der Nrn. 907 a/g und von Erzeugnissen der Nrn. 907 h/911 b aus nicht schmiedbarem Gußeisen	16	106	657	} 9	9	9
799 c	dsgl. aus schmiedbarem Eisen	63	342	733	}		
890 a	Isolierter Draht aus unedlen Metallen für die Elektrotechnik	197	1 527	1 148	10 622*	68 492*	73 814*
915 b4	Elektrokarren[8]	.	.	.	264*	1 096*	*

im Wert von 10,470 Mill RM und die Lieferungen über die Grenzen 38 001 Lichtmaschinen (44 368 i. V.), 330 434 Dynamos, Elektromotoren usw. (359 636 i. V.), 96 780 Bogen- usw. Lampen (15 889 i. V.), 24,705 Mill Metalldrahtlampen (31,554 i. V.) und 0,267 Mill Kohlefaden- usw. Lampen (0,498 i. V.). Als Überschuß des Exports ergeben sich 636 291 dz im Wert von 211,247 Mill RM (763 927 dz bzw. 259,822 Mill RM i. V.).

[1] Quecksilberumformer s. Nr. 912 F 2. — [2] Die Ausfuhr umfaßt auch andere Teile von nicht vollständigen elektrischen Maschinen usw. — [3] Die Ausfuhr umfaßt auch Teile von Bogenlampen außer Brennstiften (648 c). — [4] Die Ausfuhr umfaßt auch Isolationsgegenstände aus Ambroid, Hartkautschuk usw. der Nr. 912 F 5 außer Isolationsglocken (733 a). — [5] Einfuhr nach Beschaffenheit. — [6] Isolationsglocken unter 733 a, andere Waren, auch aus Ambroid, Hartkautschuk usw., unter 912 F 2. — [7] Die Ausfuhr umfaßt Isolatoren aller Art (auch Isolationsglocken) aus Steingut oder Porzellan. — [8] Einfuhr unter 915 b (Last-, Liefermotorwagen). — [9] Für die Ausfuhr gelten die im Unterabschnitt 18 B bei den Maschinen angegebenen stat. Nrn. — [10] Berichtigte Zahl.

* Einschließlich der Reparationssachlieferungen.

Bezugsquellenverzeichnis.

Frage 27: Wer baut Prüfeinrichtungen für Kraftwagen-Dynamomaschinen und -Magnete?

Frage 28: Wer stellt Sockelkitt zur Glühlampenfabrikation her?

Frage 29: Welche Firma baut für explosionsgefährliche Räume Drehschalter mit Kontakten unter Öl?

Abschluß des Heftes: 8. August 1931.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 16 750 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

ETZ

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

INHALT

34. HEFT · 52. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9
(1077—1104) 20. AUGUST 1931

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

52. Jahrgang | Berlin, 20. August 1931 | Heft 34

Der Überstromschutz von Überlandnetzen und die Organisation seiner Überwachung.

Von Dipl.-Ing. O. **Kautzmann**, Karlsruhe.

Übersicht. Die auf Grund mehrjähriger Erfahrungen erkannten wesentlichen Gesichtspunkte für die Ausgestaltung des Überstromschutzes in Mittelspannungsnetzen werden mitgeteilt; zugunsten des Ganzen kann hierbei die Berührung mit im einzelnen bekannten Dingen nicht vermieden werden. Die Organisation der Überwachung des Schutzes und die Art ihrer Durchführung werden behandelt.

Die Mehrzahl der auf diesem Gebiet bisher erschienenen Veröffentlichungen befaßt sich mit dem Schutz von Netzen gegen Überströme unter der Voraussetzung, daß eine bestimmte Relaisart hierbei durchweg zur Anwendung gelangt[1]. Diese Voraussetzung ist für den Schutz von Hochspannungsnetzen, wenigstens soweit diese Netze derselben Gesellschaft gehören, heute wohl zutreffend, da man einerseits wegen der Bedeutung dieser Netze stets bestrebt sein wird, diese mit den vollkommensten Schutzeinrichtungen auszurüsten, und anderseits, weil die Zahl der Relaissätze wegen der geringen Stationsdichte geringer ist als in Mittelspannungsnetzen und deren Kosten im Verhältnis zu den sonstigen Anlageteilen nicht so sehr ins Gewicht fallen. Hierzu kommt noch, daß die Ausrüstung der Hochspannungsstationen mit Strom- und Spannungswandlern aus betrieblichen Gründen vollkommener als die von Stationen in Mittelspannungsnetzen ist, was die Kosten von Schutzeinrichtungen wesentlich vermindert.

Die Schutzfrage in Mittelspannungsnetzen wird in den meisten Fällen so gelagert sein, daß ältere Stationen mit aufgebauten Maximalzeitrelais ausgerüstet sind, während in den neuen betrieblich wichtigen Anlagen Distanzschutz eingebaut wird. Die Auswechslung des Maximalschutzes gegen Distanzschutz wird sich aus wirtschaftlichen Gründen auf wenige Hauptstationen älterer Bauart beschränken. Die praktisch vorliegenden Verhältnisse liegen hiernach so, daß an mehreren Stellen des Mittelspannungsnetzes ein Übergang von Distanzschutz zu Maximalschutz vorhanden ist, und es ist die Aufgabe zu lösen, diesen Übergang so zu gestalten, daß die Vorteile beider Schutzarten erhalten bleiben und der eine Schutz nicht das Arbeiten des anderen nachteilig beeinflußt oder ihn durch Überschneidung der Laufzeiten teilweise ausschaltet.

Die Hauptvoraussetzung für das Zusammenarbeiten verschiedener Schutzsysteme ist, daß die einzelnen Systeme in sich einwandfrei arbeiten. Die Verhältnisse werden gewöhnlich so liegen, daß der einzubauende Distanzschutz dem bereits vorhandenen Maximalschutz anzupassen ist. Im folgenden soll daher zuerst behandelt werden, welche Gesichtspunkte für einen einwandfreien Schutz durch Maximalrelais zu beachten sind und auf welche Weise es möglich ist, diesen Schutz auch in ausgedehnten Anlagen dauernd in einwandfreiem Zustand zu erhalten. Da nach Erfahrung des Verfassers in kleinen Netzen, die nur mit Maximalschutz arbeiten, noch grundsätzliche Mängel in großer Zahl vorhanden sind, soll diese Frage mit Rücksicht hierauf ebenfalls ausführlich behandelt werden. Die folgenden Ausführungen zu den vorgenannten Fragen stützen sich auf Gesichtspunkte, die im einzelnen allgemein bekannt sind, deren Einflüsse bei der Ausgestaltung des Netzschutzes jedoch oft nicht genügend beachtet werden.

Die auf dem Markt befindlichen Maximalrelais lassen sich in drei Hauptgruppen zusammenfassen, die sich durch Verschiedenheit ihrer Strom-Zeit-Kurven unterscheiden, u. zw. unabhängige, begrenzt abhängige und abhängige Relais. Die Strom-Zeit-Kurven dieser Relaisgruppen, die in Abb. 1 dargestellt sind, bedingen folgendes Verhalten der betreffenden Relais beim Auftreten von Überströmen. Das unabhängige Maximalrelais läuft von der eingestellten Ansprechstromstärke an, in unserem Beispiel 140 A, und schließt nach der eingestellten Zeit, hier 5,0 s, den Auslösekreis des Ölschalters. Die Auslösung erfolgt bei allen Stromstärken über 140 A in 5,0 s. Die einstellbare Ansprechstromstärke liegt normal zwischen dem 1,4 ... 2,0-fachen des Nennstromes des Relais. Das begrenzt abhängige Relais läuft ebenfalls von dem eingestellten Ansprechstrom an (hier 140 A); die Auslösung erfolgt aber nicht in der eingestellten Zeit, sondern im Mittel etwa nach dem 6fachen dieser Zeit. Mit zunehmender Größe des Überstromes nähert sich die Auslösezeit der eingestellten und wird dieser etwa beim 4fachen des Relaisnennstromes, hier 400 A, gleich. Bei Strömen über dem 4fachen des Nennstromes löst das Relais dann stets in der eingestellten Zeit, hier 2,5 s, aus. Das abhängige Relais erreicht seine Auslösezeit, im Beispiel 5,0 s, etwa beim zweifachen Nennstrom. Bei größeren Strömen bleibt aber diese Auslösezeit im Gegensatz zum begrenzt abhängigen Relais nicht bestehen, sondern die Auslösung erfolgt in immer kürzerer Zeit, bis schließlich bei Erreichung des 5 ... 8fachen Nennstromes Momentauslösung eintritt.

Abb. 1. Strom-Zeit-Kurven der Hauptgruppen der Maximalrelais.

Abb. 2. Netzbeispiel.

Ein Blick auf die Kurven der Abb. 1 läßt ohne weiteres erkennen, welches die Hauptforderung ist, die zur Erreichung eines selektiven Arbeitens von Maximalrelais erfüllt sein muß: die durchgehende Verwendung nur einer der drei beschriebenen Relaisarten. Nimmt man beispielsweise an, daß sich das unabhängige Relais mit der Einstellung 140 A, 5,0 s auf dem Schalter einer abgehenden Leitung eines Kraftwerkes befinde. Die Leitung möge in eine Netzstation führen, von der wieder mehrere mit Schaltern ausgerüstete Leitungen abgehen, wie in Abb. 2 dargestellt ist. Es wird nun naturgemäß gefordert, daß bei einer Störung auf den Abgängen *a*, *b* oder *c* der Netzstation der Schalter des gestörten Abganges vor dem Leitungsschalter im Kraftwerk zur Auslösung kommt. Sind diese Abgänge mit begrenzt abhängigen Maximalzeitrelais ausgerüstet, dann ist die verlangte Selektivität erreicht, wenn die Strom-Zeit-Kurve des begrenzt abhängigen Relais diejenige des unabhängigen Relais im Kraftwerk in keinem Punkt

[1] ETZ 1930, S. 442; 1929, S. 157; 1928, S. 1317.

mehr schneidet. Diese Forderung wird durch ein begrenzt abhängiges Relais erfüllt, dessen Strom-Zeit-Kurve einen Verlauf entsprechend Kurve *4* in Abb. 1 hat. Dieses Relais hat einen Nennstrom $I_n = 75$ A und ist auf einen Ansprechstrom $I_e = 120$ A und eine Auslösezeit $t_e = 1{,}5$ s eingestellt. Das Beispiel zeigt, daß es zur Erfüllung oben gestellter Forderung notwendig ist, mit dem Nennstrom des Relais von 100 A auf 75 A zurückzugehen und außerdem in der Zeit eine Staffeldifferenz von $5{,}0 - 1{,}5 = 3{,}5$ s

Abb. 3. Schema einer Staffelung mit Maximalrelais.

zuzulassen. In Fällen wie dem in Abb. 2 gezeichneten ist auf die beschriebene Art somit eine Selektivität erreichbar. Folgen aber außer der gezeichneten noch weitere Netzstationen, dann ist der zur weiteren Staffelung zur Verfügung stehende Zeitbereich so gering, daß kaum noch befriedigende Verhältnisse erreichbar sind, denn geringere Zeitdifferenzen als 0,5 s sind mit Rücksicht auf die Streuung der in der Praxis vorliegenden Werte der Strom-Zeit-Kurven auch bei Vorhandensein der gleichen Relaisart in

Badenwerk A.-G.
T. B. IV
Betriebsgebiet

Relaiskarte Nr.

Fabrikations-Nr.:
I
II
III

Einbauort:
Einbaustelle: Phasenzahl
Art des Relais: Fabrikat
Einstellbereich: von bis Amp. von bis sec.
Einstellung: Amp. sec
Auslösecharakteristik bei Distanzrelais sec. pro Ohm
Bei Sekundärrelais
Übersetzungsverhältnis des Spannungswandlers Volt
Übersetzungsverhältnis des Stromwandlers Amp
Letzte Eichung
Letzte Eintragung

Abb. 4. Relaiskarte für Maximalrelais und Distanzrelais.

den nachfolgenden Stationen nicht ratsam. Werden nun im Gegensatz zu dem bisher Gesagten die Abgänge *a*, *b* und *c* der Netzstation mit unabhängigen Relais ausgerüstet, dann ist eine befriedigende Staffelung erreicht, wenn die Relais der Abgänge bei 75 A Nennstrom eine Einstellung von 105 A und 4,5 s erhalten. Der nun verbleibende Zeitbereich reicht auch bei größeren Netzen für eine zuverlässige weitere Staffelung aus. Die Ausführungen dieses Beispiels gelten sinngemäß auch bei Verwendung der übrigen Relaisarten.

Nach diesen Erörterungen allgemeiner Art soll nun im folgenden gezeigt werden, wie bei der Auslegung des Überstromschutzes für ein Überlandnetz vorzugehen ist. Es sollen hierbei begrenzt abhängige Maximalrelais zur Verwendung gelangen. Die erste Arbeit ist die Anfertigung einer Kurzschlußkarte des zu schützenden Netzes. Diese Karte soll unter Weglassung alles Überflüssigen lediglich die für eine Berechnung der Kurzschlußströme erforderlichen Leitungs-, Transformatoren- und Generatorendaten enthalten. Bei Mittelspannungsnetzen wird zweckmäßig mit Impedanzen, nicht mit Reaktanzen, gerechnet, da der ohmsche Widerstand hier Größen erreicht, die auf die Höhe der Kurzschlußströme von Einfluß sind. Die Berechnung der Kurzschlußströme[2] wird dann für Sammelschienen-Kurzschluß in jeder Netzstation durchgeführt und die auf

[2] ETZ 1930, S. 193, 194, 238, 269, 1708.

den einzelnen Leitungen zufließenden Ströme bestimmt. Es genügt die Aufstellung einer Karte für die Dauerkurzschlußströme in allen Fällen, in denen Generatoren nicht direkt auf das Mittelspannungsnetz arbeiten. An Hand der nun für die einzelnen Stellen des Netzes bekannten Kurzschlußströme lassen sich die mindest nötigen Nennströme der zu verwendenden Relais bestimmen. Ist z. B. festgestellt worden, daß der an einer Stelle des Netzes auftretende Kurzschlußstrom 1200 A beträgt, so müssen die Spulen der Relais des Schalters, der diesen Kurzschluß abschaltet, diesen Strom während einer Zeit, die zweckmäßig zu etwa 10 s gewählt wird, aushalten. Die Wahl von 10 s ist deshalb erfolgt, weil damit gerechnet werden muß, daß der betreffende Schalter aus irgendeinem Grunde versagt und die Auslösung dann erst durch den in Richtung nach dem Kraftwerk folgenden Schalter bewerkstelligt wird, so daß sich Zeiten von 6 ... 8 s ergeben können, die das Relais dem Kurzschlußstrom ausgesetzt ist. Nach R. E. H./1929 muß ein begrenzt abhängiger Primärauslöser einen Kurzschlußstrom entsprechend dem $60/\sqrt{t}$-fachen seines Nennstromes aushalten. Dies ergibt im vorliegenden Beispiel

Badenwerk A. G.
Betriebsgebiet
den 19

Aenderung zur Relaiskarte Nr.

Einbauort:
Einbaustelle:
Einstellung: Amp. sec.
Auslösecharakteristik bei Distanzrelais sec. pro Ohm
Letzte Eichung:

(Unterschrift)

Abb. 5. Änderungskarte für Maximalrelais und Distanzrelais.

$60/\sqrt{10} = 19$ und damit einen mindest nötigen Nennstrom von $1200/19 = 64{,}2$ A. Es käme somit als nächste Normalstromstärke 100 A Nennstrom in Frage. Der zweite Gesichtspunkt, der für die Wahl des Nennstroms des Relais zu beachten ist, ist die Größe des Normalbelastungstromes der zu schützenden Leitung, da dieser Strom den Nenn-

Badenwerk T. B. IV
Betriebsgebiet

Schutzapparat-Karte Nr.

Fabrikations-Nr.
Einbauort:
Einbaustelle: Type:
Schutzbereich:
Art des Schutzapparates Fabrikat
Einstellbereich
Einstellung
Schutzapparat wirkt auf
Bei Sekundär-Schutzapparaten
Übersetzungsverhältnis des Spannungswandlers Volt
Übersetzungsverhältnis des Stromwandlers: Amp.
Letzte Kontrolle
Letzte Eintragung

Abb. 6. Karte für Schutzeinrichtungen außer Maximal- und Distanzrelais.

strom des Relais nicht überschreiten darf. Nachdem nun die Nennströme der einzubauenden Relais bestimmt sind, wird die Staffelung der Relais vorgenommen. Es werde angenommen, daß die im Ausgangswerk des Mittelspannungsnetzes mit Rücksicht auf den Schutz des Hochspannungsnetzes oder des Kraftwerkes mögliche Auslösezeit 4,0 s betrage. Die abgehende Leistung sei 6000 kW bei $\cos\varphi = 0{,}70$ und 20 kV Spannung; der Normalbelastungsstrom ist dann 247 A. Das für diesen Abgang in Frage kommende Relais wäre dann zweckmäßig für 300 A Nennstrom auszulegen und erhielte die Einstellung $300 \cdot 1{,}4 = 420$ A Ansprechstrom und 4,0 s Auslösezeit. Entsprechend dem über begrenzt abhängige Relais Ausgeführten würde dieses Relais also bei etwa 1200 A in 4,0 s auslösen, bei

kleinen Strömen in längerer Zeit. Die weitere Durchführung der Staffelung hat nach drei Gesichtspunkten zu erfolgen, u. zw. nach Nennstrom, Zeit und Ansprechstrom des Relais. Berücksichtigt man nur Ansprechstrom und Zeit, dann ist ein zufriedenstellendes Arbeiten des Schutzes nicht zu erwarten, da die Auslösezeit und der Verlauf der Strom-Zeit-Kurve des Relais lediglich von diesem Nennstrom und nicht vom Ansprechstrom abhängen. Abb. 3 zeigt ein Schema einer richtig durchgeführten Staffelung mit begrenzt abhängigen Primärauslösern im Anschluß an das oben ausgeführte Beispiel. Das Studium der dargestellten Verhältnisse ergibt, daß dieses Netzbild zwei Strecken enthält, und zwar die Leitungen zwischen den Netzstationen *A* und *C* und *A* und *B*, bei deren Beschädigung mehr als unbedingt erforderlich abgeschaltet wird. Bei Fehlern auf der Strecke *A—C* wird der Ring *A—B—C* nach 1,0 s durch Auslösung des Schalters *VII* geöffnet, nach 3,0 s löst der Schalter *V* aus, wodurch außer der Strecke auch die Station *C* unterbrochen wird. Bei Fehlern auf der Strecke *A—B* wird nach 1,0 s ebenfalls der Ring *A—B—C* durch den Schalter *VII* geöffnet und nach 3,0 s löst der Schalter *III* aus. Damit werden nicht nur die Strecken *A—B*, sondern auch die Station *B* und alle Abgänge bis zum Schalter *VII* vor der Station *C* unterbrochen. Diese Mängel sind nur durch Verwendung von richtungsempfindlichen Relais zu beseitigen. Es dürfte jedenfalls aus dem Netzbild der Abb. 3 ersichtlich sein, wo die Grenzen der Anwendbarkeit von Maximalrelais in komplizierten Netzen liegen, wenn gleichartige Relais und richtige Staffelungen bezüglich Nennstrom, Ansprechstrom und Zeit vorhanden sind. Bei Vorhandensein eines reinen Maximalschutzes und bei Ringbetrieb sind unnötige Abschaltungen bei gewisser Lage der Fehler nicht vermeidbar.

Geht man nun dazu über, den Ring *A—B—C* mit D i s t a n z r e l a i s auszurüsten, dann sind die genannten unnötigen Auslösungen vermeidbar, da das vorzeitige Öffnen des Ringes an einer Stelle dann unterbleiben kann. Beim Fehler auf der Strecke *A—C* bleibt die Strecke *A—B* unbeeinflußt und umgekehrt. Es muß dann nur gefordert werden, daß zum Beispiel im Schema der Abb. 3 die Distanzrelais der Schalter *III* und *VII* bei Fehlern auf den Abgängen mit den Schaltern *X* und *XI* länger laufen als die M.Z.-Relais der Schalter *X* und *XI*, was durch entsprechende Wahl der Auslösekurven der Distanzrelais stets erreichbar sein wird. Bleiben die Schalter *I* und *II* mit M.Z.-Relais ausgerüstet, dann muß deren Laufzeit wieder länger sein als die der Distanzrelais der Schalter *III* und *VII* bei Fehlern in *B* und *V* und *VIII* bei Fehlern in *C*. In dem beschriebenen Falle wäre es jedoch vorzuziehen, auch die Schalter *I* und *II* mit Distanzrelais auszurüsten.

Nachdem im vorstehenden das Wesentliche über die Auslegung und Einstellung des Überstromschutzes behandelt ist, soll nachfolgend ausgeführt werden, in welcher Weise es möglich ist, den Schutz, und zwar besonders die Maximalrelais, in dauernd betriebsicherem Zustand zu halten. Die U n t e r h a l t u n g d e s S c h u t z e s sowie die Feststellung der Relaiseinstellungen geschehen zweckmäßig ohne Rücksicht auf die sonstige betriebliche Unterteilung des Netzes von einer zentralen Stelle aus, damit eine durchgehende Staffelung gewährleistet ist und nicht durch Änderungen in einem Gebietsteil das Arbeiten der Relais im Nachbargebiet gestört wird. Um jederzeit einen schnellen Überblick über den gesamten Netzschutz zu haben, wird eine Karte des Netzes angefertigt unter Weglassung aller Anlageteile, die mit dem Arbeiten und Anschluß des Schutzes nicht in Beziehung stehen. Jeder Relaissatz erhält eine Nummer, die auf dieser Karte eingetragen ist. Bei großen Netzen und Vorhandensein einer Unterteilung derselben in verschiedene Betriebsgebiete wird zur besseren Übersicht jedem Gebiet ein gewisser Zahlenbereich zugeteilt. Eine weitere Unterteilung kann außerdem in bezug auf die Art der Relais erfolgen, wenn in dem betreffenden Netz zum Beispiel Distanzrelais und Maximalrelais verwendet sind. Es wird damit erreicht, daß bei Nennung einer Relaisnummer gleichzeitig Art und Netzgebiet des Relais gegeben sind. In diesen Relaisplan

Prüfung der Distanzrelais

Anlage. kV | Pl. Nr.:
Station. | Innenschaltung Lb
Netzschema: | Relaisatz Nr | Außenschaltung
Freileitung Kabel: km, qmm, Mat. Ohm pr. Ohm sec. cos φ_k =
Stromwandler: Type, Übersetzung Amp., Klasse bei VA
Spannungswandler: Type, Übersetzung Volt, Klasse Leistung VA
Räumliche Anordnung Relais-Fabrik Nr
Phasenfolge
Mechanische Prüfung
Kondensator-Isolation
Drehfeld
Schaltung der Spannungsverbindungen
Wattmeter-Messung
Belastung: cos φ = nacheilend — voreilend
Fabrik-Eichung: sec/Ohm | Reserveshunts mitgeliefert für sec/Ohm
Nacheichung: mit Drosselspule Ohm, cos φ = | Eichstrom Amp
mit Shunts für sec/Ohm: Grundzeit sec. | Laufzeit sec | Schaltung: Maximalspule Serie – Parallel | Zeitspule Serie – Parallel
Umeichung: mit Drosselspule Ohm, cos φ = | Eichstrom Amp
für sec/Ohm: Grundzeit sec. | Laufzeit sec | Schaltung: Maximalspule Serie – Parallel | Zeitspule Serie – Parallel
Drehrichtung Energieabgabe / Energiebezug: J = | J = | J =
Auslösung
Endgültige Einstellung: Charakteristik sec/Ohm | Ansprechstrom Amp
Bemerkungen | Badenwerk | Aufgenommen am durch | Anlage Nr zu Bericht vom

Abb. 7. Prüfvordruck für Distanzrelais.

Prüfung der Überstrom-Relais.

Anlage: kV | Relaissatz Nr.
Station:
Freileitung: Kabel: km, qmm, Mat.: Ohm pr. Ohm sec. cos φ_k:
Stromwandler: Fabrikat: | Type: | Leistung: VA. / Fabrik-Nr.: | Klasse: | Übersetzung: Amp.
Spannungswandler: Fabrikat: | Type: | Leistung: VA. / Fabrik-Nr.: | Klasse: | Übersetzung: Volt
Art der Relais:
Einstellbereich: Nennstrom. Amp., Strom: Amp., Zeit: sec.
Relais-Einstellung: Amp., sec.
Räumliche Anordnung Relais-Fabrik-Nr.
Phasenfolge
Mechanische Prüfung
Ansprechstrom: Amp. | Amp. | Amp.
Auslösestrom | Auslösezeit
Endgültige Einstellung: sec. | sec. | sec.
Auslösung.
Bemerkungen. | Badenwerk | Aufgenommen am: durch: | Anlage Nr. zu Bericht vom:

Abb. 8. Prüfvordruck für Maximalrelais.

werden nun neben den betreffenden Nummern bei Distanzrelais die Charakteristik, die Grundzeit und das Übersetzungsverhältnis der Stromwandler eingetragen, bei Maximalrelais Nennstrom, Strom- und Zeiteinstellung, so daß ein Blick auf die Karte sofort Aufschluß über die Zusammenhänge der Auslegung des Schutzes gewährt. Alle übrigen Daten der Relais werden auf einer Relaiskarte entsprechend der in Abb. 4 dargestellten eingetragen, deren Nummer gleichlautend mit der auf dem Relaisplan verzeichneten ist. Auf dieser Karte wird außerdem der Zeitpunkt der vorgenommenen Prüfungen der Relais eingetragen. Werden infolge von Erweiterungen oder Änderungen des Schaltzustandes des Netzes Umstellungen von Maximalrelais erforderlich, dann ist die vorgenommene Änderung der Einstellung durch den Ausführenden unter Benutzung der in Abb. 5 dargestellten Änderungskarte der zentralen Überwachungsstelle mitzuteilen. Durch diese Maßnahme soll Eingriffen von unberufener Seite vorgebeugt werden, bzw. wenn solche vorgenommen werden, sind sie infolge Fehlens der Änderungskarte sofort als solche erkennbar. Die Änderungen werden dann auf der betreffenden Relaiskarte und auf dem Relaisplan vermerkt.

Der Überwachung der Überstromrelais kann außerdem eine Überwachung sonstiger Relais, wie Buchholz-Relais, Differentialrelais usw., angegliedert werden, deren Daten auf einer Karte entsprechend Abb. 6 eingetragen werden.

Auf Grund der bisherigen Erfahrungen hat es sich als zweckmäßig erwiesen, sämtliche Relais jährlich einmal auf ihren elektrischen und mechanischen Zustand nachzuprüfen. Die Prüfung erfolgt mit Hilfe geeigneter Prüfeinrichtungen, die in verschiedenen Ausführungen im Handel erhältlich sind. Der Verlauf dieser Prüfungen ist auf den in Abb. 7 und 8 dargestellten Prüfscheinen ersichtlich. Die Prüfscheine werden sämtlich der zentralen Überwachungsstelle zugeleitet, die dann in der Lage ist, hieraus sämtliche Unterlagen für nötige Untersuchungen bezüglich Änderung oder Erweiterung des Schutzes zu entnehmen.

Mehrjährige Erfahrungen haben ergeben, daß es mit Hilfe der beschriebenen Organisation der Überwachung des Überstromschutzes möglich ist, Fehlauslösungen auf einen Satz von 1 ... 2 % der gesamten Zahl der Auslösungen zu reduzieren. Es sei nicht versäumt, in diesem Zusammenhang auf das kürzlich erschienene Relaisbuch der Vereinigung der Elektrizitätswerke hinzuweisen[3], das über die vorstehend behandelten Fragen erschöpfende Auskunft gibt.

[3] Zu beziehen durch die Vereinigung der Elektrizitätswerke E. V., Berlin W 62, Maaßenstr. 9.

Über elektrische Schallplattenaufnahme und -wiedergabe.

Von **Albrecht Forstmann**, Berlin.

Übersicht. Die zur natürlichen Aufnahme und Wiedergabe von Schallplatten erforderlichen mechanisch-elektrischen Energieumwandler werden unter Benutzung äquivalenter elektrischer Ersatzschemata untersucht. Zur Schallplattenaufnahme dient der Tonschreiber, für dessen frequenz- und amplitudentreue Arbeitsweise Bedingungen angegeben werden. Seine elektrischen Eigenschaften, sein Wirkungsgrad sowie sein für die Bemessung des Verstärker-Ausgangskreises maßgebender Widerstand werden ermittelt. Im Anschluß hieran werden die Bedingungen für die frequenz- und amplitudengetreue Wirkungsweise der zur Wiedergabe benutzten Tonabnehmer angegeben sowie seine elektrischen Eigenschaften im Anschluß an den Verstärkereingang untersucht.

A. Einleitung.

1. Allgemeines.

Die Aufnahme und Wiedergabe von Schallplatten hat in den letzten Jahren, beeinflußt durch die Untersuchungen auf dem Gebiete der Elektroakustik und der Verstärkertechnik, wesentliche Fortschritte gemacht. In den nachfolgenden Ausführungen soll über die hierbei wichtigsten Organe, die bei der Aufnahme zur Anwendung kommenden Tonschreiber sowie die bei der Wiedergabe benutzten Tonabnehmer, berichtet werden. — Betrachten wir zunächst kurz die bei der Schallplattenaufnahme zur Anwendung gelangenden Verfahren. Ursprünglich geschah die Betätigung eines Tonschreibers rein akustisch-mechanisch, wodurch eine natürliche Aufnahme des Klangbildes unmöglich war. Der von der aufzunehmenden Schallquelle, Orchester, Sänger usw., ausgehende Schall mußte zur Erzielung ausreichender Amplituden durch einen Trichter gesammelt werden. Er diente dazu, eine mit einem Schreibstift versehene Membran zu bewegen. Die verwendeten Trichter bedingten ausgesprochene Resonanzstellen, und weiterhin konnte man das Orchester nicht so gruppieren, wie es natürlich war, sondern mußte es lediglich mit Rücksicht auf eine möglichst große Schallenergie vor dem Aufnahmetrichter aufbauen.

Es stellte daher einen großen Fortschritt dar, daß man statt solcher akustisch-mechanischer Empfänger, die gleichzeitig die Aufzeichnung bewirkten, also eine doppelte Energieumwandlung vornahmen, elektrische Empfänger anwenden und die Schall*aufnahme* unter Zwischenschaltung von Verstärkern von der Schall*aufzeichnung* trennen konnte. Man erreichte hierdurch sowohl hinsichtlich der Frequenz- als auch der Amplitudentreue wesentlich günstigere Verhältnisse und konnte auch hinsichtlich der Orchesteraufstellung und der raumakustischen Verhältnisse wesentlich bessere Bedingungen schaffen, so daß heute nur noch von elektrischen Mitteln zur Aufnahme und Wiedergabe Gebrauch gemacht wird.

Die erste Methode der Plattenaufzeichnung, wie sie *Edison* anwandte, bestand darin, daß der Schreiber senkrecht in eine Walze arbeitete (Abb. 1) und hierdurch mehr oder weniger große Vertiefungen in diese eingrub, während man bei der später von *Berliner* angegebenen Methode keine Walzen, sondern die heute noch benutzten Platten verwendete, auf denen sich der Schreibstift in der Plattenebene bewegte (Abb. 2). Die Walzenapparate wurden *Phonographen* genannt, während die Plattenapparate Schallplattenapparate heißen; der vielfach gebrauchte Name „Grammophon" ist einer einzelnen Firma geschützt.

Abb. 1. Schematische Darstellung der unmittelbaren (akustisch-mechanischen) Aufnahme von Phonographenwalzen (Edison-Verfahren).

Abb. 2. Schematische Darstellung der unmittelbaren (akustisch-mechanischen) Aufnahme von Schallplatten (Berliner-Verfahren).

Die erstgenannte Methode hat vor letzterer den Nachteil amplitudenabhängiger Schreibdämpfung, während die letztere den Nachteil konstant abnehmender Geschwindigkeit nach der Plattenmitte zu hat, was bei gleicher Frequenz und Lautstärke eine konstante Abnahme des Krümmungsradius der aufgezeichneten Welle an den Umkehrpunkten bedeutet. Da bei dem Berliner-Verfahren die Schreibdämpfung amplitudenunabhängig ist, kann sie mit zur Dämpfung des Schreibers benutzt werden. Da heute praktisch nur noch das von Berliner angegebene Verfahren angewandt wird, so soll auch nur dies als Voraussetzung für die folgenden Betrachtungen angenommen werden. Da bei der Schallplattenaufnahme und -wiedergabe das elektromagnetische Prinzip im allgemeinen ausschließlich benutzt wird, so wollen wir uns in den folgenden Ausführungen nur mit diesem beschäftigen.

2. Das äquivalente Ersatzschema.

Bei Tonschreibern und Tonabnehmern handelt es sich um elastische Schwingungen mechanischer Systeme unter der Einwirkung einer äußeren aufgeprägten Kraft. Betrachten wir zunächst ein einfaches mechanisches System, also ein solches mit einem Freiheitsgrad und als punktförmig angenommener Masse, so erhalten wir als Bewegungsgleichung bei Einwirken einer äußeren Kraft die Beziehung

$$M \frac{d^2 x}{dt^2} + R \frac{dx}{dt} + \frac{x}{N} = k(t) \qquad (1)$$

oder anders ausgedrückt

$$M \frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t} + R\,v + \frac{1}{N}\int v\,\mathrm{d}t = k(t). \qquad (2)$$

Nehmen wir an, daß die Vorgänge bei Angreifen einer äußeren Kraft als quasistationär angenommen werden können, und ist weiterhin die angreifende Kraft eine einfache harmonische Funktion der Zeit, so lautet das allgemeine Integral in symbolischer Schreibweise

$$v\left(j\,\omega\,M + R + \frac{1}{j\,\omega\,N}\right) = k. \qquad (3)$$

Diese Gleichung entspricht der für einen elektrischen Schwingungskreis,

$$i\left(j\,\omega\,L + R + \frac{1}{j\,\omega\,C}\right) = u, \qquad (4)$$

in dem Selbstinduktion, ohmscher Widerstand und Kapazität in Serie liegen. Wir erhalten also unter Berücksichtigung der letztgenannten Formeln (3) und (4) das in der

Abb. 3. Äquivalentes Ersatzbild eines einfachen mechanischen Systems.

Abb. 4. Unrichtiges äquivalentes Ersatzbild.

Abb. 3 wiedergegebene Ersatzschema, wobei analog bedeuten:

mechanisch			elektrisch		
M	Masse	[g]	L	Selbstinduktion	[H]
N	Nachgiebigkeit	[cm/dyn]	C	Kapazität	[F]
R	Dämpfungswiderstand	[dyn·s/cm]	R	Widerstand	[Ω]
x	Verschiebung	[cm]	q	Ladung	[C]
v	Geschwindigkeit	[cm/s]	i	Strom	[A]
k	Kraft	[dyn]	u	Spannung	[V]

Aus Formel (1) folgt für die Bewegungsamplitude eines solchen Systems die Beziehung

$$X = \frac{K}{\sqrt{\left(\frac{1}{N} - \omega^2 M\right)^2 + R^2\,\omega^2}} \qquad (5)$$

und für die Geschwindigkeitsamplitude

$$V = \frac{K}{\sqrt{\left(\frac{1}{\omega\,N} - \omega\,M\right)^2 + R^2}}. \qquad (6)$$

Hieraus ergeben sich für die Frequenzunabhängigkeit der Arbeitsweise eines solchen Systems die Bedingungen

$$\omega \ll \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{M\,N}} \qquad (7)$$

und

$$\frac{1}{\omega\,N} \ll R. \qquad (8)$$

Die Eigenschwingung muß oberhalb des zu übertragenden Frequenzbereiches liegen, und die Hemmung des Systems soll eine vorwiegende Dämpfungshemmung sein, was allerdings für sehr tiefe Frequenzen schwer zu erreichen ist.

Die Heranziehung analoger elektrischer Vorgänge zur Erklärung akustischer und mechanischer Erscheinungen ist beinahe zwingend und daher an sich auch nicht neueren Datums. In Deutschland haben vor allem W. Hahnemann und H. Hecht[1] solche Analogien benutzt, während in Amerika insbesondere kompliziertere mechanische Schwingungsgebilde durch J. P. Maxfield und H. C. Harrison[2] unter Benutzung äquivalenter elektrischer Ersatzbilder behandelt wurden. Bei der Behandlung mechanischer Probleme unter Benutzung elektrischer Ersatzbilder ist von J. P. Maxfield und H. C. Harrison das nicht den angegebenen Analogien entsprechende Ersatzbild der Abb. 4 benutzt worden. Bei Benutzung dieses Ersatzbildes müßte die Dämpfung durch einen äquivalenten Leitwert und nicht wie geschehen durch einen Widerstand dargestellt werden, das Ersatzschema entspricht auch nicht der in Formel (1) angegebenen Bewegungsgleichung, die gefundenen Ergebnisse sind daher auch z. T. abwegig[3].

Betrachten wir noch kurz den Einfluß der Amplitude auf die Wirkungsweise des Systems. Die Amplitudenabhängigkeit wird bestimmt durch die resultierende Elastizität, u. zw. vor allem durch den Einfluß der durch äußere Richtkräfte bedingten zusätzlichen Elastizität. Ist die durch Materialeigenschaften bestimmte Eigenelastizität $1/N$ und die durch äußere Richtkräfte verursachte zusätzliche Elastizität $1/N'$, so ist die resultierende Elastizität gegeben zu

$$\frac{1}{N_{\mathrm{res}}} = \frac{1}{N} + \frac{1}{N'}.$$

Um eine möglichst lineare Amplitudenabhängigkeit zu erreichen, ist zunächst allgemein zu bedingen, daß die durch äußere Richtkräfte (hierzu gehört auch die durch äußere Dämpfungsmittel bewirkte zusätzliche Richtkraft) verursachte zusätzliche Elastizität möglichst gering ist.

Da sich aber hier zusätzliche Richtkräfte, insbesondere solche, die durch Anwendung von Dämpfungsmitteln bedingt sind, nicht vermeiden und auch nicht immer sehr klein halten lassen, so ist hier insbesondere zu bedingen, daß die Amplituden möglichst klein gehalten werden, da nur dann die Elastizitäten eine ausreichend lineare Abhängigkeit von der Amplitude bewahren und dementsprechend die oben angegebenen linearen Beziehungen Gültigkeit haben.

Nach Feststellung der zur Betrachtung mechanischer schwingungsfähiger Gebilde allgemein wichtigen Grundlagen gehen wir nun zur Untersuchung der bei Tonschreibern wichtigen Fragen über.

B. Tonschreiber.

1. Das mechanische System.

Wir legen unseren Betrachtungen das in der Abb. 5 im schematischen Schnitt wiedergegebene System eines elektromagnetischen Tonschreibers zugrunde[4]. Es bedeuten

Abb. 5. Darstellung eines elektromagnetischen Tonschreibers.

hier M_1 die Masse des Ankers, N_1 seine resultierende Nachgiebigkeit, die sich ergibt aus seiner mechanischen Nachgiebigkeit und der mit entgegengesetztem Vorzeichen wirkenden, durch den Einfluß der Magnetisierung bedingten

[1] Vgl. z. B. W. Hahnemann u. H. Hecht, Phys. Z. Bd. 20, S. 104 (1919).

[2] J. P. Maxfield u. H. C. Harrison, Bell Syst. Techn. Journ. Bd. 5, S. 493 (1926).

[3] Vgl. a. A. Forstmann, El. Nachr.-Techn. Bd. 7, S. 428 (1930).

[4] Entnommen aus H. A. Frederik, Bell Syst. Techn. Journ. Bd. 8, S. 159 (1929).

Magnetisierungs-Nachgiebigkeit[5], und R_1 den entsprechenden Dämpfungswiderstand; N_0 ist die Nachgiebigkeit der Ankerhaltefeder, M_2 die Masse von Schreibstifthalter und Schreibstift, N_2 die entsprechende Nachgiebigkeit und R_2 der zugehörige Dämpfungswiderstand. R_1 und R_2 sind zunächst durch die innere Reibung bestimmt, bei R_2 wirkt noch die Schreibdämpfung mit. M_3 ist die Masse der Dämpfungskopplung, N_3 die entsprechende Nachgiebigkeit und R_3 der hier benutzte Gummidämpfungswiderstand. Abb. 6 zeigt einen solchen Schreiber von unten gesehen.

N3
M2
R3

Abb. 6. Ansicht des in Abb. 5 dargestellten Schreibers von unten.

Wir betrachten die Wirkungsweise dieser Anordnung. Die am Schreibstifthalter wirkende Kraft k_2 ist gleich der auf den Anker ausgeübten Kraft $k_1 = k$, vermindert um die durch Masse und Dämpfung verursachten Hemmungen, es ist also

$$k_2 = k_1 - \left(M_1 \frac{d^2 x_1}{d t^2} + R_1 \frac{d x_1}{d t}\right). \qquad (9)$$

Die an der Dämpfungskopplung angreifende Kraft ist in gleicher Weise bestimmt, hier kommt aber noch die durch die Elastizität der Haltefeder verursachte Hemmung hinzu, die der Nachgiebigkeit dieser Feder umgekehrt proportional ist; es ist also

$$k_3 = k_2 - \left(M_2 \frac{d^2 x_2}{d t^2} + R_2 \frac{d x_2}{d t} + \frac{x_2}{N_0}\right). \qquad (10)$$

Diese Kraft dient zur Beschleunigung der Dämpfungskopplung und zur Überwindung ihrer Dämpfungs- und Elastizitätshemmungen, es ist dementsprechend

$$k_3 = M_3 \frac{d^2 x_3}{d t^2} + R_3 \frac{d x_3}{d t} + \frac{x_3}{N_3}. \qquad (11)$$

Betrachten wir nun die einzelnen Bewegungen. Die Bewegung des Schreibstifthalters x_2 ist gleich der des Ankers x_1, vermindert um die infolge der Ankernachgiebigkeit verursachte Durchbiegung unter Berücksichtigung der Kraftverminderung infolge der Massen- und Dämpfungshemmungen, es ist

$$x_2 = x_1 - N_1 k_2 \qquad (12)$$

und dementsprechend

$$x_3 = x_2 - N_2 k_3. \qquad (13)$$

Für die Kräfte ergibt sich hieraus

$$\left.\begin{aligned} k_2 &= \frac{x_1 - x_2}{N_1} \\ k_3 &= \frac{x_2 - x_3}{N_2} \end{aligned}\right\} \qquad (14)$$

und unter Berücksichtigung der Gl. (9) und (10) für die Bewegungen

$$\left.\begin{aligned} x_2 &= x_1 - N_1 \left[k_1 - \left(M_1 \frac{d^2 x_1}{d t^2} + R_1 \frac{d x_1}{d t}\right)\right] \\ x_3 &= x_2 - N_2 \left[k_2 - \left(M_2 \frac{d^2 x_2}{d t^2} + R_2 \frac{d x_2}{d t} + \frac{x_2}{N_0}\right)\right]. \end{aligned}\right\} \qquad (15)$$

Wir erhalten also schließlich für die Kräfte die Beziehungen

$$\left.\begin{aligned} k &= M_1 \frac{d^2 x_1}{d t^2} + R_1 \frac{d x_1}{d t} + \frac{x_1 - x_2}{N_1} \\ M_2 \frac{d^2 x_2}{d t^2} + R_2 \frac{d x_2}{d t} &+ \frac{x_2}{N_0} + \frac{x_2 - x_1}{N_1} + \frac{x_2 - x_3}{N_2} = 0 \\ M_3 \frac{d^2 x_3}{d t^2} + R_3 \frac{d x_3}{d t} &+ \frac{x_3}{N_3} + \frac{x_3 - x_2}{N_2} = 0. \end{aligned}\right\} \qquad (16)$$

[5] Wie Fußnote 2.

Nehmen wir sinusförmige Funktionen und eingeschwungene Zustände an, so können die Integrale obiger Gleichungen in bekannter Weise in symbolischer Form angeschrieben werden, und wir erhalten dementsprechend

$$\left.\begin{aligned} k &= v_1 \left(j \omega M_1 + R_1 + \frac{1}{j \omega N_1}\right) - \frac{v_2}{j \omega N_1} \\ v_2 &\left(j \omega M_2 + R_2 + \frac{1}{j \omega N_0} + \frac{1}{j \omega N_1} + \frac{1}{j \omega N_2}\right) - \frac{v_1}{j \omega N_1} - \frac{v_3}{j \omega N_2} = 0 \\ v_3 &\left(j \omega M_3 + R_3 + \frac{1}{j \omega N_2} + \frac{1}{j \omega N_3}\right) - \frac{v_2}{j \omega N_2} = 0. \end{aligned}\right| \qquad (17)$$

M_1 R_1 N_0 M_2 R_2 N_3 M_3
v_1 v_2 v_3
k N_1 N_2 R_3

Abb. 7. Äquivalentes elektrisches Ersatzbild des in Abb. 5 und 6 wiedergegebenen Schreibers.

Wir können also für das bewegte System des Schreibers das in der Abb. 7 wiedergegebene äquivalente Ersatzbild angeben.

2. Die Amplitudenabhängigkeit.

Betrachten wir zunächst die Amplitudentreue der Aufzeichnung. Es ist hier vor allem erforderlich, daß die einzelnen Nachgiebigkeiten linear von der Amplitude abhängig sind und daß vor allem auch die verwendeten zusätzlichen Dämpfungsmittel keine nichtlinearen Abhängigkeiten der Nachgiebigkeiten von der Amplitude bewirken. Ist dies nicht der Fall, so treten bekanntlich außer den Gliedern mit den ursprünglichen Schwingungen in der Wirkung auch deren harmonische Obertöne, darüber hinaus aber weiterhin Glieder mit anderen Frequenzen auf, die für zwei angreifende sinusförmige Kräfte bestimmt sind durch die Beziehung

$$\omega_k = a\, \omega_1 \pm b\, \omega_2, \qquad (18)$$

wobei a und b beliebige ganze Zahlen sind. Gerade diese durch Formel (18) bestimmten Kombinationstöne sind besonders störend und bilden die Ursache erheblicher Verzerrungen.

Die angegebenen Forderungen bedingen, daß die Amplituden nicht zu groß werden dürfen. Die Amplitudengröße hängt vor allem davon ab, wie groß die aufzuzeichnenden Ausschläge sein sollen.

Im allgemeinen ist es vorteilhaft, die Größe des aufzuzeichnenden Amplitudenniveaus möglichst klein zu halten. Bei der Schallplattenherstellung berücksichtigt man hier vielfach die Tatsache, daß die große Zahl der in Verbraucherhänden befindlichen rein mechanischen Wiedergabe-Einrichtungen zur Erzielung ausreichender Lautstärke ein verhältnismäßig großes Amplitudenniveau benötigen. Bei der Aufzeichnung für den Tonfilm braucht man solche Rücksichten nicht zu nehmen, da man hierbei nur mit elektrischer Wiedergabe zu rechnen hat, die Amplituden also beliebig verstärkt werden können. Es wäre aber allgemein vorteilhafter, ein kleineres Amplitudenniveau zu wählen, dies wäre auch mit Rücksicht auf eine genügende Breite des Frequenzbandes nach tiefen Frequenzen zu vorteilhaft, auch noch zu besprechende Schwierigkeiten bei den hohen Frequenzen ließen sich dann leichter vermeiden. Nach unten ist man mit der Größe der Amplituden begrenzt durch die Größe des vornehmlich durch die Feinkörnigkeit des Plattenmaterials bedingten Nadelgeräusches bei der Wiedergabe.

Die Größe der Amplituden bestimmt weiterhin die Länge des auf der Platte aufzeichenbaren Stückes, da ja der Abstand der einzelnen Rillen durch die auftretenden Maximalamplituden begrenzt ist; würde man die Rillen zu nahe zusammen legen, so können sie ineinander übergehen. Dies gilt insbesondere für die tiefen Töne mit ihren großen Amplituden, wie die Abb. 8 zeigt, in der ein Ton der Frequenz $f = 100$ Hz in etwa 10facher Vergrößerung wiedergegeben ist; das Ineinanderlaufen der Rillen ist deutlich erkennbar[6]. Die eingeschnittenen Wellenzüge werden wäh-

[6] Vgl. a. W. Hagemann, AEG-Mitt. 1929, S. 592.

rend der Aufnahme durch ein Mikroskop kontrolliert, insbesondere auch hinsichtlich der Schnittiefe.

Für die Länge des auf der Platte aufzeichenbaren Stückes sind neben der Größe der maximal zulässigen Amplitude noch andere Momente maßgebend. Man kann auf einer Platte offenbar um so mehr unterbringen, je langsamer sie läuft. Da nun aber die hohen Töne sehr schnelle Schwingungen haben, so muß die Platte so schnell bewegt werden, daß der Krümmungsradius an den Umkehrpunkten der aufgezeichneten Wellen noch genügend groß ist, damit nicht nur keine Verwischung der aufgezeichneten Wellenzüge bei der Aufnahme entsteht, sondern daß auch bei der Wiedergabe die Nadel des Tonabnehmers dem aufgezeichneten Wellenzug Punkt für Punkt folgen kann. Die hier zu beachtenden Verhältnisse folgen aus der Abb. 9, in der zunächst ein ausreichend großer Krümmungsradius, dann ein gerade ausreichender und schließlich ein zu kleiner wiedergegeben sind[7].

Abb. 8. Wiedergabe der Tonschrift auf der Platte für die Frequenz $f = 100$ Hz in rd. 10facher Vergrößerung (zu große Amplitude).

Abb. 9. Darstellung der Abhängigkeit von Nadelspitze und Krümmungsradius der Tonrille.

Da bei konstanter Umdrehungsgeschwindigkeit der Platte die Geschwindigkeit der Plattenbewegung nach der Mitte der Platte zu abnimmt, die kleinsten Geschwindigkeiten also im Innern der Platte liegen, so ist die geringst zulässige Umdrehungszahl der Platte durch die Bewegungsgeschwindigkeit in der Plattenmitte bestimmt. Das bedeutet, daß man, um nicht zu große Umdrehungszahlen zu bekommen, die Platte nicht bis zur Mitte bespielen kann, sondern noch einen genügenden freien Raum lassen muß, da sonst auch die Länge des auf der Platte aufzeichenbaren Stückes zu sehr verkürzt würde.

Man bespielt gewöhnlich die Platte vom Rande nach der Mitte zu; da sich aber die Nadel während des Spielens abnutzt, die Spitze also während des Spiels breiter wird, so summieren sich die durch Abnahme des Krümmungsradius der aufgezeichneten Wellen nach der Plattenmitte zu einerseits und die Nadelabnutzung anderseits entstehenden Fehler, wozu weiterhin noch die Tatsache kommt, daß auch die Amplituden am Schlusse eines Stückes groß sind. Es ist also vorteilhafter, wenn man, wie dies ja auch beim Nadeltonfilm üblich ist, die Platten von innen nach außen bespielt. Den Einfluß des Abspielens auf die Spitze der Nadel läßt ein Vergleich der Abb. 10 und 11 erkennen, wobei die erstere eine unbenutzte Nadelspitze, die letztere eine solche nach Abspielen einer Platte zeigt; die Vergrößerung ist 40fach.

Es haben sich in der Praxis für die auf der Platte aufzuzeichnende Kurvenschrift etwa folgende Abmessungen als zweckmäßig ergeben: Die Breite der eingegrabenen Furche beträgt etwa 150 µ, der Abstand zweier Furchen etwa 270 µ, so daß als aufzeichenbare Maximalamplitude ein Raum von 60 µ zur Verfügung bleibt. Die angegebenen Größenverhältnisse sind aus der Abb. 12, die einen Schnitt durch einen Teil einer Platte in rd. 60facher Vergrößerung zeigt, zu erkennen. Die Platte hat in der Regel einen Durchmesser von etwa 30 cm und wird bis zu einem freien Raum von etwa 10 cm Dmr. bespielt, die Umdrehungszahl der Platte beträgt rd. 70 ... 80 U/min. Die Bewegungsgeschwindigkeit am äußeren Rande beträgt dementsprechend etwa 125 cm/s, während sie in der Mitte der Platte nur noch 42 cm/s, also ein Drittel, beträgt. Die Breite einer Halbwelle beträgt demnach am Anfang der Platte für eine Frequenz von 5000 Hz 125 µ und bei einer Frequenz von 10000 Hz 62 µ, während die entsprechenden Werte für die Plattenmitte 42 bzw. 21 µ sind. Unter Berücksichtigung des hinsichtlich des geringsten Krümmungsradius der eingegrabenen Wellen Gesagten darf hier die Maximalamplitude bei 10 000 Hz den Wert von etwa 0,6 µ nicht überschreiten; bei den im Tonfilm benutzten geringen Umdrehungsgeschwindigkeiten sind die Verhältnisse noch ungünstiger, hier beträgt die Bewegungsgeschwindigkeit am äußeren Rande bei Annahme eines Plattendurchmessers von 40 cm etwa 70 cm/s, während sie in der Plattenmitte nur 17 cm/s beträgt, das bedeutet aber, daß Frequenzen über etwa 4000 Hz nicht mehr aufgezeichnet werden können.

40fach vergrößert

Abb. 10. Spitze einer unbenutzten Nadel.

Abb. 11. Spitze einer Nadel nach Abspielen einer Platte.

Abb. 12. Schnitt durch eine Schallplatte in rd. 60facher Vergrößerung.

Da eine frequenzgetreue Aufzeichnung bedingt, daß die Geschwindigkeitsamplitude für alle Frequenzen konstant ist, so würden sehr tiefe Töne sehr große Amplituden auf der Platte erfordern; dies gilt besonders auch unter Berücksichtigung der Tatsache, daß die Geschwindigkeitsamplituden für solche Töne an sich schon beträchtlich sind. Da die Maximalamplituden aber durch den Rillenabstand gegeben sind, so muß man die tiefen Frequenzen benachteiligen, da sonst die Rillen ineinanderlaufen würden, oder man müßte einen größeren Rillenabstand wählen, wodurch aber die Länge des auf der Platte unterzubringenden Stückes verkürzt würde.

Triebwerk ← → Nadel

v

10 2 4 6 8 100 2 4 6 8 1000 2 Hz 4 6 8 10000

→ f

Abb. 13. Nadelgeräusch.

Die Mindestamplitude ist durch die Größe der Störamplituden begrenzt, die das Nadelgeräusch bei der Wiedergabe erzeugen; diesem Geräusch gegenüber muß die Wiedergabe noch genügend laut sein. Man kann auch hier die Amplituden der tiefen Frequenzen bei der Aufnahme benachteiligen und damit eine bessere Plattenausnutzung erreichen, während man dann die hohen Frequenzen bei der Wiedergabe benachteiligen muß und hierdurch einmal die Frequenzunabhängigkeit wiederherstellt, anderseits aber die durch das Nadelgeräusch hinzugekommenen hohen Störfrequenzen in ihrer Wirkung erheblich vermindert. Diese Nadelgeräusche haben ein ziemlich breites Spektrum, wie die Abb. 13 zeigt, ihr Hauptgebiet erstreckt sich von etwa 4000 ... 10 000 Hz[8].

(Fortsetzung folgt.)

[7] Vgl. F. Lüschen, ETZ 1929, S. 1731.

[8] Vgl. hierzu auch die während der Drucklegung der vorliegenden Veröffentlichung erschienene Arbeit von G. Buchmann und H. Meyer, El. Nachr.-Techn. Bd. 8, S. 218 (1931).

Erfahrungen mit einem Lufttransformatorensatz für 1 Mill V_{eff}.

Von Dr. W. Hüter, Frankfurt a. M.

Übersicht. Nach zweijähriger Betriebszeit wird über die Erfahrungen mit einer zweistufigen Kaskade aus Fischerschen Lufttransformatoren für 1 Mill V_{eff} gegen Erde berichtet und diese Anordnung mit anderen ausgeführten Lösungen dieser Aufgabe verglichen. Die Schaltungsmöglichkeiten werden erläutert und an Hand von drei typischen Oszillogrammen das Verhalten der Transformatoren auf der Hoch- und Niederspannnungseite bei Überschlägen dargestellt.

Der Übergang zu Betriebshöchstspannungen von 220/380 kV in Europa hatte vor 3 Jahren die Voigt & Haeffner AG. vor die Frage gestellt, zur Ausarbeitung des zugehörigen Schaltmaterials entweder den seit 1923 auf 600 kV_{eff} gebrachten Prüftransformatorensatz nochmals zu erweitern oder durch eine Neuanlage zu ersetzen. Die bisherige 600 kV-Anordnung war nach dem Kaskadenprinzip gebaut, im wesentlichen aus Einzelgliedern von 100 kV-Öltransformatoren. Diese Bauart, häufig als Dessauer-Schaltung bezeichnet[1], ist von der genannten Firma 1919 überhaupt das erstemal praktisch in einem 400 kV-Satz wegen finanzieller und betriebstechnischer Vorzüge angewandt worden[2]. Die meisten der vielen seitdem errichteten und beschriebenen Höchstspannungslaboratorien haben von der Kaskadenschaltung Gebrauch gemacht[3]. Immerhin hat auch heute noch der Höchstspannungs-Prüftransformator in einem Stück seine überzeugten Anhänger, wie zwei im letzten Jahre erschienene Veröffentlichungen über Öltransformatoren für 1 Mill V_{eff} gegen Erde beweisen[4].

Die Erweiterung des 600 kV-Satzes durch Vorschaltung weiterer Glieder wurde als unzweckmäßig erkannt wegen der an sich zu geringen Eingangsleistung (60 kVA) und wegen zu großer Streuung des ganzen Satzes, die beide zur Folge hatten, daß ein damals für 100 kV-Einkessel-Ölschalter notwendiger größerer Ladestrom (von 0,08 A bei 240 kV) nur durch starke Übererregung zustande kam. Im Laufe von 9 Jahren hatte aber bei schärfster Inanspruchnahme der Transformatoren die Kaskadenform sich betriebstechnisch als vorteilhaft erwiesen; bei vorgekommenen Schäden, die doch immer nur einen Einzeltransformator (meist den obersten) betrafen, war mit dem Rest des Satzes noch weiter zu arbeiten; aber die Ausbesserung der Öltransformatoren war zeitraubend. Bei ihrer strapaziösen Behandlung mit sehr häufigen Überschlägen war die Zerstörung im Innern der viellagigen Spulen, u. zw. nicht nur der Endspulen, doch immer wieder gelegentlich aufgetreten. Bis zum sicheren Erkennen des Fehlers am Primärvoltmeter waren die unhörbaren Verbrennungen im Öl meist schon so weit fortgeschritten, daß sie sich auf die Nachbarschaft des ursprünglichen Durchschlages ausgedehnt hatten. Nun lagen aber 1928 gute einjährige Erfahrungen bei uns mit einem 200 kV-Lufttransformator der Hochspannung-Gesellschaft m. b. H., Köln, nach Prof. K. Fischer[5] vor, wobei bekanntlich einlagig gewickelte konzentrische Spulen auf beiden senkrechten Schenkeln wie die metallischen Beläge in Kondensatordurchführungen angeordnet sind. Bei einer Neuanlage sollten aber unbedingt 1 Mill V gegen Erde erreicht werden, nicht nur, wie 1923 erstmalig in Deutschland ausgeführt, 1 Mill V in ±-Schaltung mit Hilfe von zwei 500 kV-Transformatoren, da dies unnötig große Räume und Beschwerlichkeiten in der Aufstellung der Prüfobjekte erfordert hätte wegen ihrer gegen Decke oder Fußboden noch notwendigen Isolation. Den uns zunächst gemachten Vorschlag eines Fischer-Transformators für 1 Mill V in einem Stück (als Erstausführung) lehnten wir trotz des Vorzugs geringerer Streuung ab; wir entschieden uns, die bisherigen Betriebsvorzüge der Kaskadenschaltung nicht aufzugeben, bei der Serienschaltung von Einzeltransformatoren uns aber auf ein Minimum, nämlich auf 2, zu beschränken und sie mit dem wichtigen Betriebsvorteil der leichten Zugänglichkeit der Lufttransformatoren zu verbinden.

Abb. 1. Schaltung des zweistufigen Lufttransformatorensatzes für 1000 kV_{eff}.

Abb. 1 zeigt das Schaltbild, das auch eine Übersicht über die Einzelheiten der Ausführung gestattet. Der erste Transformator steht auf der Erde. Die Niederspannungswicklung liegt unmittelbar auf dem Kern und ist elektrostatisch gegen die Hochspannungswicklungen abgeschirmt. Die Hochspannungswicklungen sind in der für die Fischersche Anordnung charakteristischen Weise einlagig auf Hartpapierzylindern veränderlicher Länge und Durchmessers auf beiden senkrecht stehenden Schenkeln des Kerns untergebracht und durch leicht herausnehmbare Querverbindungen so in Reihe geschaltet, daß die höchste Spannung auf den kürzesten weiten Zylindern in der Mitte liegt. Außerdem tragen diese beiden kürzesten Zylinder des unteren Transformators die dickdrähtige Übertragungswicklung für den zweiten Transformator. Dieser selbst ist auf Hartpapierstützern montiert, entspricht in seinem Aufbau bis auf die fehlende Übertragungswicklung dem unteren Transformator, hat aber noch die am Ende der Hochspannungswicklung liegenden zwei großen Schirmringe (die nur in Abb. 2 sichtbar sind und bereits in der dreistufigen Anlage der Technischen Hochschule Berlin angewandt wurden[6]). Die Strahlungen des oberen Transformators werden hierdurch völlig gegen den Raum unterdrückt, u. zw. bis 975 kV; bei dieser Spannung frühestens, häufig aber auch später, wohl infolge von Schwankungen der atmosphärischen Verhältnisse, treten bei einer Entfernung von 4 m zwischen oberem Schirmring und einer Laufschiene für den Kran an jenem Stielbüschel auf. Im übrigen sind beide Transformatoren infolge der gegenseitigen Abschirmung der Wicklungsenden bis zu 1 Mill V_{eff} völlig dunkel.

Die Leistung des Transformatorensatzes, d. h. die des stärker gehaltenen Eingangstransformators, beträgt 300 kVA und hat sich bei unseren bisherigen Untersuchungen

---

[1] F. Dessauer, DRP. 336 779 v. 30. IX. 1915 u. DRP. 340 713 v. 8. X. 1915. — Das Kaskadenprinzip ist bereits beschrieben worden von Vedovelli, Zusatz 2 (Nr. 8461) z. französ. Pat. 359 186 v. 6. XI. 1907, ebenso von Hendricks, Transact. Am. Inst. El. Engs. Bd. 30 (I), S. 176 (1911). Vgl. a. Koch & Sterzel, DRP. 430 082 v. 11. VI. 1919; K. Fischer, Hochspannungstechnik, S. 63...64, Fig. 40, Verlag W. de Gruyter 1921.

[2] El. u. Maschinenb. Bd. 40, S. 258 (1922); ETZ 1922, S. 969.

[3] Eine Zusammenstellung bis 1926 gibt Fleming, High voltage laboratories, World Power Bd. 6, S. 16 (1926).

[4] R. Crämer, AEG-Mitt. 1930, S. 491; ETZ 1930, S. 1751. K. Draeger, ETZ 1930, S. 934.

[5] ETZ 1925, S. 186; DRP. 443 199.

[6] ETZ 1929, S. 374.

an doch einigermaßen kapazitiven Anordnungen mit längeren Zuleitungen als völlig ausreichend erwiesen. Die Streuung jedes einzelnen Transformators beträgt 11 %, die des gesamten Satzes 40 %, denn der obere Transformator stellt eine nichtohmsche Belastung des ersten Transformators dar. Die Vorteile dieser zweistufigen Lufttransformatorenschaltung, insonderheit für die Arbeitsgebiete einer Hochspannungsapparate-Fabrik, sehen wir nach unseren Vorüberlegungen und ihrer Bestätigung in nahezu zweijähriger Betriebszeit in folgendem:

Der höchste Punkt des Transformatorensatzes hat nicht die höchste Spannung, sondern maximal 500 kV$_{eff}$, was für den Einbau in einen Raum von Wichtigkeit ist. Die Gewichte der Transformatoren sind klein im Vergleich mit Öltransformatoren gleicher Spannungshöhe und Leistung[7], nämlich 6 und 5 t; sie können mit nicht allzu starkem Hebezeug bequem bewältigt werden. Die Durchführungen, die für sehr hohe Spannungen bekanntlich zu den schwierigen Aufgaben der Hochspannungstechnik gehören, kommen überhaupt in Wegfall. Schon bei Spannungswandlern für 220 kV Nennspannung werden bekanntlich die Durchführungen unverhältnismäßig groß[8]. Dies trifft natürlich noch mehr bei Ölprüftransformatoren zu, die in einem Stück 1 Mill V gegen Erde erreichen. Entsprechend unseren früheren Erfahrungen sind die Transformatoren im Hochspannungslaboratorium selbst untergebracht, womit man auf Mauerdurchführungen verzichten konnte und außerdem den Vorteil hat, den Transformatorensatz unter ständiger Beobachtung zu haben, etwa entstehende Schäden bei der offenen Wicklung bemerken und damit größere Zerstörungen vermeiden zu können. Da die Transformatoren auch bei höchster Spannung infolge der idealen Feldverteilung nicht strahlen, stört ihre Anwesenheit im gleichen Raum mit den Prüfobjekten deren Beobachtung nicht, ebenso wenig wie nach unseren Erfahrungen etwa das Brummen des Eisenkerns uns lästig geworden wäre. Gelegentliche Überschläge an den Transformatoren, die als Rückwirkung sehr langer Überschlaglichtbögen oder vielleicht auch als Folge von Staubniederschlägen nur sehr selten aufgetreten sind, werden von den ringförmigen Funkenfängern, die an den Enden der Spulen angebracht sind, sicher aufgefangen; in ungünstig geschätzt 99 % solcher an sich seltenen Fälle konnte sofort weitergearbeitet werden. In den verschwindend wenigen Fällen während der fast 2 Jahre andauernden Benutzung des Transformatorensatzes, wo doch durch Zufall der Lichtbogen in die dünndrähtige Wicklung hineingetrieben wurde, war die angegriffene Stelle bisher immer von außen zugänglich und konnte wegen der Einlagigkeit ohne Auseinanderbau oder auch nur Herablassen des hochgestellten vorderen Transformators auf einfache Weise ausgebessert werden.

Neben diesen betriebstechnischen Vorzügen bestehen bei der zweistufigen Kaskadenschaltung noch folgende zweckmäßige S c h a l t u n g s m ö g l i c h k e i t e n: 1. Nach Herausnehmen der Verbindungsleitung zwischen beiden Transformatoren (was mit einem Griff vorzunehmen ist) kann nach Erdung des vorderen Gestells der vordere Transformator durch eine unmittelbare Leitung von der Maschine her erregt werden; man hat so nur e i n e n 500 kV-T r a n s f o r m a t o r mit besserer R e g e l u n g s f ä h i g k e i t. 2. Weiter kann man zu gleicher Zeit noch den hinteren Transformator parallel erregen derart, daß auch die Hochspannungsseiten gleichphasig synchron parallel geschaltet werden; man hat e i n e n 500 kV-T r a n s f o r m a t o r höherer L e i s t u n g und kleinerer Streuung. 3. Durch Umdrehung der Zuleitungen eines Transformators erhält man aus der vorhergehenden Schaltung z w e i 500 kV-T r a n s f o r m a t o r e n in G e g e n s c h a l t u n g, die also maximal ± 1 M i l l V gegeneinander haben. 4. Weiter kann man z u r P o t e n t i a l s t e u e r u n g an der zugänglichen Hauptverbindungstelle zwischen den Transformatoren oder an irgendeiner der Verbindungstellen zwischen den einzelnen Spulen jeden der Transformatoren a n z a p f e n, was in beschränktem Maße auch bei Kaskadenschaltung bei ölgefüllten Transformatoren möglich ist, beim Einzelöltransformator aber ganz wegfällt. 5. Man hat außerdem bei den Lufttransformatoren der vorliegenden Bauart noch die Möglichkeit, durch Unterbrechung einer Querverbindung zwischen den einzelnen Spulen sich T r a n s f o r m a t o r e n mit 1, 2 oder mehr Spulen, also k l e i n e r e r M a x i m a l s p a n n u n g herstellen zu können, a b e r m i t d e r v o l l e n L e i s t u n g. Diese Schaltung wurde insbesondere bei dem noch vorhandenen 200 kV-Fischer-Transformator bei Untersuchung von verschieden dicken Isolierstoffen in der Scheringbrücke benutzt, wo sehr variable leicht regelbare Spannungen notwendig sind.

Die Bauhöhe des Transformatorensatzes für 1 Mill V$_{eff}$ beträgt 7,8 m, entspricht also der von Ölprüftransformatoren mit senkrecht stehender Durchführung, wie sie im letzten Jahr beschrieben wurden[9]. Die notwendige Grundfläche für den Satz ist 7,5 · 3,2 m², unterscheidet sich also auch nicht wesentlich von dem Raumbedarf der ebenfalls bekannt gewordenen Öltransformatoren für die gleiche Endspannung mit horizontal eingebauter Durchführung[10]. Der Transformatorensatz ist, wie aus Abb. 2 zu ersehen, in einem fensterlosen Raum von 36,4 · 13 m² Bodenfläche untergebracht, der ein Giebeldach von nur 12,5 m Firsthöhe und 10 m seitlicher Höhe hat, unter dem ein elektrischer Kran von 8,3 m Hakenhöhe fährt. Drei eiserne 9 m hohe Falttüren gehen rechts nach der Prüf- und Montagehalle für Großapparate, zwei Schiebetüren, wie in Abb. 2 sichtbar, nach rückwärts in ein

Abb. 2. Hochspannungslaboratorium der Voigt & Haeffner AG. für 1000 kV.

kleineres Hochspannungslaboratorium mit Tagesbeleuchtung. Auf der gegenüberliegenden Wand ist ein weiteres eisernes Falttor angebracht, durch das hochspannungführende Leitungen nach dem Hof geführt werden können, der als Freiluftprüffeld dient. Die Spannung des ganzen Satzes oder auch des vorderen Transformators, wenn man mit ihm allein arbeitet, wird in der üblichen Weise mit einer stationären Kugelfunkenstrecke aus 1 m-Kugeln gemessen, die von den Schaltpulten ferngesteuert werden kann, u. zw. ist die untere geerdete Kugel beweglich, während die obere isolierte fest aufgehängt ist. Am Fuß angebrachte Zifferblätter gestatten sowohl vom Schaltpult innerhalb des Dunkelraums, das auf einem Podium von 1,3 m Fußbodenhöhe einen guten Überblick gestattet, als auch von einem Hochstand in der Montagehalle durch ein Fenster hindurch den Abstand der Kugeln bzw. die für normalen Luftdruck und Temperatur festliegenden Spannungen abzulesen. Da es sich bei der Halle um einen Zweckbau handelt, wurde auf die Anlage von Balkonen verzichtet.

Die Höchstspannungs-Schaltapparate werden heute meist als Freiluftapparate ausgeführt; daher ist eine Beregnungs- und Verneblungsanlage mit je 10 in verschiedener Höhe aufgebauten und schwenkbaren Regen- und Ne-

[7] Nach AEG-Mitt. 1930, S. 491, z. B. für 500 kV-Öltrafo: 9 t, Gesamthöhe 4,66 m (bei V & H Höhe 5,15 m).

[8] Vgl. z. B. A. M e y e r h a u s, ETZ 1930, S. 17, Zeile 50 ... 66, oder G o l d s t e i n in W. P e t e r s e n, Forschung und Technik (AEG), Berlin 1930, S. 313.

[9] AEG-Mitt. 1930, S. 493: Höhe 8,245 m, 31 t Gewicht (1000 kVA); ETZ 1930, S. 1752.

[10] AEG-Mitt. 1930, S. 492.

beldüsen vorhanden, die gestatten, auch 220 kV-Ölschalter von 8 m Bauhöhe ausreichend zu beregnen. Die Mischung des künstlichen Regenwassers aus destilliertem und Leitungswasser erfolgt mit Hilfe von Druckluft in sehr bequemer Weise an einer besonderen Schalttafel neben dem Bedienungspult. Die Leitfähigkeit des Mischwassers kann an einem Leitfähigkeitsmesser dauernd kontrolliert werden. Bei der großen Zahl von Beregnungsversuchen, die im Laufe der zwei Jahre ausgeführt wurden, hat sich eine Beeinträchtigung der an den Transformatoren benutzten gut lackierten Hartpapierzylinder nicht gezeigt. Selbst bei stundenlang währenden Verneblungsversuchen mit salzhaltigem Wasser war keine Verschlechterung festzustellen. Allerdings wurde nach längeren Regen- und Nebelversuchen durch Öffnen des Tores nach dem Hofe zu das Laboratorium entlüftet.

Die Heizung des großen Raumes von 5200 m³ geschieht durch zwei Luftumwälz-Ventilatoren, und trotzdem der Zementfußboden bisher mit einem Anstrich nicht versehen wurde, war die Staubniederlage auf den offenen Transformatoren nach 14 Monaten Betriebsdauer noch nicht störend. Besonders die senkrechten Wicklungen hatten, obschon sie doch immer wieder auf längere Zeit unter Spannung gesetzt wurden, wider Erwarten kaum nennenswerte Staubmengen angezogen. Der Staub lag nur auf den horizontalen von außen zugänglichen oberen Funkenfängern und auf den oberen Rändern der Hartpapierringe. Völliges Auseinandernehmen der beiden Transformatoren, gründliches Abreiben der Zylinder und der Wicklungen mit einem trockenen Poliertuch und Wiederzusammensetzen bis zur Betriebsfertigkeit wurden von drei Arbeitern in 8 Arbeitstagen ausgeführt.

Die Eingangswindungen der Hochspannungswicklung der Transformatoren waren anfänglich nur durch einen Kapazitätschutz aus je 3 um die kürzesten Zylinder gelegten Kupferbändern gegen steile Entladewellen geschützt. Die einlagige Hochspannungswicklung hat sich hierbei als sehr stoßsicher erwiesen. Später wurde mehr auf Wunsch der Lieferfirma noch ein Drahtwiderstand von 100 000 Ω auf einem Hartpapierrohr aufgewickelt zwischen Kugelfunkenstrecke und oberem Transformator vorgeschaltet, der auch bei Dauerbelastungen in thermischer Hinsicht sich bewährt und zweifellos die Betriebsicherheit der Anlage noch erhöht hat. Die Niederspannungseiten der Transformatoren, in denen bei Überschlägen auf der Hochspannungsseite Überspannungen induziert werden, wurden nach einem anfänglichen Versagen durch eine zweckmäßigere Kombination von Widerständen und Kapazitäten geschützt. Die Durchschlagstelle der Niederspannungswicklung bei diesem bald und seither nicht wieder aufgetretenen Schaden war von außen nicht mehr zugänglich, der obere Transformator mußte daher heruntergenommen werden. Es genügte aber nach der Abhebung des Jochs nur noch die Entfernung des innersten Hochspannungszylinders des einen Schenkels. Die ganze Zeitdauer der Ausbesserung bis zur Wiederinbetriebnahme betrug selbst bei Benutzung eines damals nur vorhandenen Handkrans im ganzen einen Tag.

Zur Erregung des Transformators dienten wahlweise zwei vorhandene Drehstrommaschinen von 300 und 100 kVA Normalleistung. Meist wurde sogar die kleinere Maschine benutzt. Die Leistung genügte durchaus, schwache Punkte in Porzellan- und Sillimanitstützern, in Hartpapierwänden und in Öl bei 700 ... 800 kV einwandfrei festzustellen. Es war aber von Interesse, unter diesen Verhältnissen die Spannung auf der Hochspannungseite oszillographisch zu untersuchen, deren Maximalwert mit der Kugelfunkenstrecke gemessen wurde. Dazu wurde hochspannungseitig ein großer Wasserwiderstand als Spannungsteiler vor die Oszillographenschleife geschaltet, ähnlich wie es in letzter Zeit auch Carroll und Cozzens[11] ausgeführt haben. In Abb. 3 geben wir das Oszillogramm des Überschlags an der 1 m-Kugelfunkenstrecke[12]. Die Kurve *I* stellt die Hochspannungskurve dar; sie hat einen recht glatten, fast sinusförmigen Verlauf. Die Maschine wurde hierbei von der Oszillographenachse aus durch Fernschaltung auf den Transformator geschaltet. Man sieht, wie die Spannung auf der Hochspannungseite infolge natürlichen Anwachsens des Erregerstroms allmählich ansteigt, wie bei Erreichung der Ansprechspannung genau im Maximalwert die Spannung zusammenbricht und nach Auspendeln in die Lichtbogenspannung übergeht. Die Kurve *II* stellt den Primärstrom dar, der im Augenblick des Funkenüberschlags anwächst. Die leicht gezackte Niederspannungskurve *III* bricht beim Ansprechen der Kugeln zusammen. In den beiden folgenden zur Wiedergabe noch ausgewählten Oszillogrammen haben die Zahlen *I*, *II*, *III* die gleiche Bedeutung: Hochspannung, Primärstrom, Niederspannung. In Abb. 4 ist das Oszillogramm des Überschlags zwischen zwei Spitzen in 50 cm Abstand wiedergegeben. Die Niederspannung bricht hier nur wenig zusammen. Hochspannungsseitig kommt es zu starken Überspannungen bis zur doppelten Höhe der ursprünglichen Spannung, die aber dem Transformator erfahrungsgemäß nicht schaden. Von Interesse dürfte auch das nächste Oszillogramm (Abb. 5) sein, das den unvollkommenen Durchbruch zwischen Spitze und Platte, in deren Nähe eine Preßspanplatte angeordnet ist wiedergibt. Es zeigt sich hier, daß die Kurve *I*, die Hochspannung, einseitig zusammenbricht, also, wie stets bei solch inhomogenen Feldern, in der positiven Halbwelle. Man beachte die hochfrequente Überlagerung, die übrigens bei solchen Überschlägen in der Änderung der Koronaerscheinungen an den dünnen Zuleitungen auch mit bloßem Auge leicht zu beobachten ist.

Abb. 3. Überschlag an der 1 m-Kugelfunkenstrecke.

Abb. 4. Überschlag zwischen Spitzen.

Abb. 5. Überschlag zwischen Spitze und Platte mit Preßspan-Zwischenschicht.

Abschließend mag noch gesagt werden, daß die Höhe der Leistung der Transformatorenanlage und der sie erregenden Maschine sich nach dem Verwendungszweck richtet und bei einer Kabelfabrik anders bemessen sein muß als bei einer Isolatorenfabrik, wenn diese im wesentlichen nur Hängeketten untersucht. Für die Bedürfnisse einer Apparatefabrik, bei der die Ladeströme der Prüfobjekte zwischen den beiden genannten Extremen in der Mitte liegen, ist die nach meist gehörten Äußerungen eigentlich zu kleine Leistung von 300 kVA bis jetzt völlig ausreichend

[11] J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 47, S. 892 (1928). Eine schon längere Zeit beabsichtigte Untersuchung nach der Bechdoldtschen Methode [Arch. El. Bd. 14, S. 846 (1930)] konnte bisher nicht in Angriff genommen werden.

[12] Die Oszillogramme wurden von meinem Mitarbeiter Herrn Byleveld aufgenommen.

gewesen. Gegenüber anderen Auffassungen muß doch betont werden, daß der Zweck einer Prüftransformatorenanlage nicht der ist, die Zerstörungen des praktischen Betriebes nachzuahmen, denn dann müßte die Leistung etwa des Goldenberg-Werks bei 220 kV-Schaltmaterial zur Verfügung stehen mit ihren recht katastrophalen Folgen bei Durchschlägen. Zweck der Hochspannungsprüfanlage war noch immer, das dielektrische Verhalten der Isolierstoffe, der Isolatorformen und ihren dielektrischen Zusammenbau in Apparaten auch unter Erhöhung der Betriebspannung nachzuprüfen, um hierdurch ein Maß für die dielektrische Sicherheit zu erhalten. Die Nennspannung der V & H-Anlage von 1 Mill V_{eff} wurde jedenfalls bei häufigen Besuchen des Laboratoriums immer wieder ohne jedes Bangen vor etwa auftretenden Zerstörungen vorgeführt. Es war dies natürlich nicht der Zweck der Erstellung einer solchen Anlage. Über weitere Untersuchungen mit dem Lufttransformatorensatz im Gebiete hoher Wechselspannungen und besonders im Hinblick auf den Apparatebau wird eine spätere Abhandlung berichten, die das hier gefällte Urteil über die Betriebsicherheit der Anlage bestätigen wird.

Die Leitung im Dienste des Rundfunks*.

Von Ministerialrat **K. Höpfner**, Berlin.

(Schluß von S. 1064.)

Um die Verstärkungsmittel zu vereinfachen und eine noch größere Gleichmäßigkeit der Übertragung sowie höhere Betriebsicherheit zu erzielen, werden in neuen Fernkabeln seit einiger Zeit 1,4 mm starke Doppelleitungen (ebenfalls mit elektrostatischem Schutz) vorgesehen, die mit Spulen von 17 mH, neuerdings 12 mH, in Abständen von 1,7 km pupinisiert werden. Der Verstärkerabstand wird, abgesehen von Einzelfällen, gleichfalls 72,5 km betragen. Der Unterschied in der Dämpfung zwischen 50 und 8000 Hz beträgt dann nur noch weniger als 1,5 Neper (Abb. 5).

Eine in regelmäßigen Abständen mit Spulen ausgerüstete Leitung hat die Eigentümlichkeit, daß sie tiefe Frequenzen, abgesehen von ganz tiefen Frequenzen, schneller überträgt als hohe Frequenzen. Hieraus kann eine andere Art von Verzerrung entstehen, die sog. Phasenverzerrung. Überschreiten die Laufzeitunterschiede gewisse Grenzen, so setzt das Klangbild nicht geschlossen als Ganzes ein, sondern baut sich langsam auf, je nach den im Klangbild enthaltenen Frequenzen. Dabei entsteht ein Ineinanderfließen der einzelnen Töne. Es entstehen Überlagerungen von Tönen, welche im Originalklang zeitlich in anderer Weise zusammengehörten. Für höhere Frequenzen, etwa zwischen 5000 und 8000 Hz, werden Laufzeitunterschiede gegenüber 1000 Hz von etwa 10 ... 15 ms noch nicht störend empfunden. Für die tiefsten Frequenzen, d. s. 50 Hz, kann man jedoch nach den bisherigen Erfahrungen größere Laufzeitunterschiede gegenüber 1000 Hz, etwa bis 75 ms, gestatten. Während die Verzögerung der Übertragung bei hohen Frequenzen im wesentlichen durch die Leitung bedingt wird, sind die Ursachen der Verzögerungen der tiefsten Frequenzen mehr in den Verstärkern zu suchen und weniger in der Leitung. Abb. 9 stellt die Laufzeitkurven einer 1000 km langen Leitung dar. Die Phasenverzerrung in den höheren Frequenzen läßt sich durch Einschaltung von sogenannten Phasenentzerrern beseitigen, d. i. eine besondere Filterart, die befähigt ist, hohe Frequenzen schneller zu übertragen als tiefe. Hierdurch lassen sich die Laufzeitunterschiede ausgleichen. Die Notwendigkeit zur Phasenentzerrung hat sich im deutschen Rundfunk-Leitungsnetz noch nicht ergeben. Sobald jedoch Leitungslängen in Frage kommen, bei denen die obengenannten Grenzen überschritten werden, soll die Phasenverzerrung in den oberen Frequenzen durch Einschaltung solcher Filter kompensiert werden. Der Phasenverzerrung bei tiefen Frequenzen kann man nur durch geeigneten Bau der Verstärker begegnen.

a Kernviererleitung 0,9 mm   a′ Kabel + Verstärker
b Kerndoppelleitung 1,4 mm
c Rundfunkleitung der ATT   c′ Kabel + Verstärker

Abb. 9. Laufzeit einer 1000 km langen Rundfunk-Kabelleitung.

Eine andere Art der Verzerrung, die im Rundfunkbetrieb störend wirken kann, entsteht durch nichtlineare Vorgänge in den Leitungen und Verstärkern. Durch nichtlineares Verhalten von Verstärkerröhren, Pupinspulen, Vor- und Nachübertragern, Drosselspulen in den Entzerrungsgliedern, d. h. wenn diese Leitungsteile bei verschiedenen Stromstärken oder Spannungen ihre Eigenschaften verändern, können folgende störende Erscheinungen ausgelöst werden. Es können durch nichtlineare Vorgänge zusätzliche Nebentöne entstehen, die in den ursprünglichen, der Leitung zugeführten Tönen nicht enthalten waren; ferner können nichtlineare Vorgänge zur Folge haben, daß die Restdämpfung einer langen Rundfunkleitung mit zunehmender Eingangspannung ansteigt. Stärkere Töne werden dann verhältnismäßig schwächer wiedergegeben als schwächere. Wenn schwächere Töne gleichzeitig mit stärkeren Tönen übertragen werden, so werden erstere mehr oder weniger ausgelöscht. Diesen nichtlinearen Vorgängen wird durch Verwendung von geeigneten Verstärkerröhren und von geeignetem Kernmaterial für die Pupinspulen, Vor- und Nachübertrager sowie Drosselspulen vorgebeugt. Als Verstärkerröhren werden größere Röhren verwendet, als sie im gewöhnlichen Fernsprechbetrieb üblich sind. Die in Rundfunkleitungen eingeschalteten OCk-Röhren der Siemens & Halske AG. sind befähigt, eine Leistung von 50 mW mit einer Klirrdämpfung von nur 0,9 % herzugeben, d. h., die Amplituden der in den Verstärkerröhren erzeugten 2. Harmonischen erreichen nur den 100. Teil der Amplitude der Grundtöne. Die Verstärkungsziffer eines einzelnen Verstärkers soll sich für eine beliebige Frequenz, auch für die tiefste Frequenz innerhalb des Übertragungsbereichs, um nicht mehr als 0,05 Neper ändern, wenn die Ausgangsleistung von 1 auf 50 mW gesteigert wird.

Zur Vermeidung nichtlinearer Vorgänge in den Pupinspulen der Rundfunk-Kabelleitungen ist auf die Auswahl eines guten Kernmaterials besondere Sorgfalt verwendet worden. Neben den Wirbelstromverlusten müssen insbesondere die Hysteresisverluste gering sein, die einerseits einen von der Größe der Eingangspannung abhängigen Dämpfungszuwachs bedingen, d. h. die amplitudengetreue Wiedergabe verhindern würden, die ferner das Entstehen von Obertönen, besonders der dreifachen Grundfrequenz begünstigen würden. Durch Verwendung eines besonderen Eisenpulvers für die Kerne der Pupinspulen ist es der Siemens & Halske AG. gelungen, die Hysteresisverluste so weit herabzusetzen, daß keine größere Dämpfungserhöhung für 1000 Hz bei Steigerung der an die Leitung abgegebenen Leistung von 1 mW auf 50 mW auftritt als etwa 0,001 Neper für ein Verstärkerfeld. Für ältere Spulen beträgt die Dämpfungserhöhung etwa 0,003 Neper für 1 Verstärkerfeld. Die Hysteresisfaktoren der älteren Spulen von 9,4 mH betragen 12 Ω/A, der neuen Spulen von 17 mH 3 Ω/A. Die durch Hysteresisvorgänge in einer Spule entstehenden Obertöne werden gekennzeichnet durch eine

* Vortrag, gehalten in der außerordentlichen Sitzung des Elektrotechnischen Vereins am 20. I. 1931.

Klirrdämpfung von 8,6 Neper bei 1000 Hz und einer größten Anfangsstromstärke von 9 mA, d. h., das Verhältnis von Obertonvolumen zum Grundton ist etwa 1 : 2500. Die Hysteresis in den Spulen ist also so gering, daß keinerlei Störungen der oben bezeichneten Art durch Amplitudenverzerrung oder durch das Auftreten von Obertönen zu befürchten sind.

Eine sehr wichtige Frage in der Rundfunkübertragung betrifft den Bereich der Lautstärken, den man übertragen soll. Die Lautstärken, die man in einem hochwertigen Orchesterkonzert beobachten kann, schwanken in einem Bereich von etwa 1 : 1000 und mehr. Im Rundfunkbetriebe ist es unmöglich, einen derartig ausgedehnten Lautstärkenbereich zu übertragen. Verschiedene Ursachen beschränken den übertragbaren Lautstärkenbereich, u. a. sind es die Geräusche in den Räumen, in denen die Rundfunkempfänger stehen, die Eigengeräusche in den Aufnahmeeinrichtungen der Rundfunk-Senderäume, in den Leitungen und in den Rundfunksendern, die es nicht zulassen, mit den schwächsten Lautstärken unter einen Mindestwert herunterzugehen. Anderseits verhindern die Rücksicht auf benachbarte Leitungen und die Kosten, die für die Bemessung der einzelnen Teile eines von nichtlinearen Vorgängen völlig freien Rundfunk-Übertragungssystems vom Mikrophon an bis zum Lautsprecher des Rundfunkempfängers aufzuwenden wären, die größte Lautstärke über ein gewisses Maß zu steigern. Man begnügt sich jetzt mit einem Lautstärkenbereich von höchstens 1 : 100, der für die gute Wiedergabe musikalischer Darbietungen ausreichend erscheint. Für die Leitungen des Rundfunks im deutschen Kabelnetz, die eine größte Leistung von 50 mW, d. i. eine Spannung von etwa 4 V bei einem Scheinwiderstand der Kabelleitungen von 300 bis 400 Ω, zu übertragen imstande sind, bedeutet dies, daß die Spannung bei den lautschwächsten Stellen der musikalischen Darbietung etwa 40 mV beträgt. Läßt man eine Geräuschspannung von etwa 4 mV beim Pegel Null zu, so liegen die lautschwächsten Teile der musikalischen Darbietung noch hoch genug über dem Geräuschspiegel. Tatsächlich sind die Geräuschspannungen in den elektrostatisch geschützten und gegen Erde ausgeglichenen Kernvierern nach sorgfältiger Drosselung des aus den Stromquellen der Verstärker stammenden Geräusches im allgemeinen unterhalb 1 mV, so daß die Leitungen für sich imstande wären, noch größere Lautstärkenbereiche zu übertragen. Gegenwärtig sind es mehr die Geräusche aus den Aufnahmemikrophonen und in den Rundfunkempfängern, die den übertragbaren Lautstärkenbereich einschränken.

Abb. 10. Änderung der Kabeldämpfung in Abhängigkeit von der Temperatur (72,5 km musik-pupinis. Kernvierer).

Die Übertragungsfähigkeit einer pupinisierten Rundfunk-Kabelleitung hängt in merklichem Grade von der Temperatur des Kabels ab. Mit zunehmender Temperatur wachsen der Widerstand und die Ableitung der Kabelleitung, u. zw. unterschiedlich für die verschiedenen Frequenzgebiete. Die Dämpfung eines aus 0,9 mm-Kernvierer gebildeten Verstärkerfeldes ändert sich z. B. bei einer Temperatursteigerung von 10 ° C für 50 Hz um 0,03 Neper, bei 6400 Hz um 0,13 Neper (Abb. 10). Da in Deutschland im Laufe der Jahreszeiten Temperaturänderungen unterirdischer Kabel von 20 ° C möglich sind, kann es vorkommen, daß eine 1000 km lange Rundfunkleitung, die im Winter eingerichtet wurde und dabei alle Frequenzen annähernd gleichmäßig übertrug, im Sommer die höheren Frequenzen fast um 3 Neper schwächer überträgt als die tiefen Frequenzen, d. h. im Sommer würde die Übertragung dumpf klingen. Um diesen verzerrenden Einfluß der Temperaturänderung auszugleichen, werden besondere dreistufige Ausgleichselemente in jedem Verstärkerfeld vorgesehen, die die Dämpfungsänderungen kompensieren. Die genaue Entzerrung wird für eine mittlere Temperatur vorgenommen; erhöht oder erniedrigt sich die Temperatur, so wird der Temperatur-Dämpfungsausgleich mit einer der beiden verbleibenden Stufen eingeschaltet. Ein stetiger selbsttätig wirkender Temperaturausgleich ist bei Kabelleitungen, in denen die Temperaturänderungen nur allmählich vor sich gehen, entbehrlich.

Abb. 11 stellt zusammenfassend den Aufbau eines Rundfunkleitungssystems dar. In Abständen von etwa 72,5 km im Mittel werden die schon erwähnten zweistufigen Verstärker eingeschaltet, um die Dämpfung des vorangehenden Verstärkerfeldes so zu kompensieren, daß am Ausgang der Verstärker innerhalb des zu übertragenden

Abb. 11. Aufbau und Pegellinie einer deutschen Rundfunk-Kabelleitung.

Frequenzbandes wieder dieselben Strom- und Spannungs- oder Leistungsverhältnisse hergestellt werden, wie sie am Eingang des vorangehenden Feldes herrschen. Sofern im Zuge der Leitung Strecken vorhanden sind, deren Länge so weit unter dem Mittelwert von 72,5 km liegt, daß ein Dämpfungsausgleich durch Verstärkungsregelung am zugehörigen Verstärker nicht möglich ist, wird die betreffende Leitungsstrecke durch sog. verzerrende Fernkabel-Verlängerungsleitungen (FVL) von 5 km an ergänzt. Für Verstärkerfelder, deren Längen über das Normalmaß hinausgehen, wird die Verstärkungsziffer durch Herausnahme eines Dämpfungsgliedes aus dem Verstärker auf einen für die größte vorkommende Länge ausreichenden Wert erhöht; durch besondere Ausgleichselemente wird die Verstärkung mit der Dämpfung des Verstärkerfeldes in Übereinstimmung gebracht. Um ferner keine größeren Unterschiede in der Restdämpfung als etwa 0,3 Neper zuzulassen, werden die Leitungsabschnitte zwischen Knotenpunkten durch Einschaltung von sog. Leitungs-Zusatzentzerrern (LZE) nachentzerrt. Der Einfluß der Temperaturänderung auf die Dämpfung der einzelnen Verstärkerfelder wird durch Einschaltung von Temperatur-Dämpfungsausgleichsätzen (TDA) kompensiert. An Punkten, an denen die Rundfunkübertragungen auf mehrere Leitungen weitergegeben werden müssen, werden die Leitungen nicht unmittelbar mit dem zweistufigen Hauptverstärker, sondern über Zusatzverstärker verbunden, die wahlweise angeschaltet werden können und die Verstärkungsziffer Null haben. Hierdurch wird vermieden, daß durch Störungen in der einen Leitung die übrigen Leitungen in Mitleidenschaft gezogen werden, und daß die Eingangsleistung der einzelnen Leitung in Abhängigkeit gerät von der Zahl der sonst noch angeschalteten Leitungen. Es wären nun noch die Maßnahmen zu erörtern, die notwendig sind, um die Rundfunkübertragung auch über die in der Regel nicht pupinisierten Ortskabelleitungen vom Rundfunk-Senderaum nach dem 1. Fernkabel-Verstärkerpunkt und vom letzten Fernkabel-Verstärkerpunkt nach dem Rundfunksender unverzerrt zu übertragen. Diese Leitungen bevorzugen die tiefen Frequenzen verhältnismäßig noch stärker als die pupinisierten Leitungen. Da nun bei dem 1. Verstärkerpunkt im Fernkabel aus Zweckmäßigkeitsgründen dieselben Verstärker verwendet werden, die auch als Zwischenverstärker und letzte Verstärker dienen, muß die Dämpfung der Ortsleitung zwischen Rundfunk-Senderaum und diesem Verstärkerpunkt auf dieselbe Dämpfung und Verzerrung gebracht werden, für deren Ausgleich der 1. Fernkabelverstärker bemessen ist. Zu diesem Zweck werden Ortsleitungen einheitlich durch Ortskabel-Verlängerungsleitungen (OVL) auf rd. 10 km, d. i. etwa die größte vorkommende Länge ergänzt. Die frequenzabhängige Dämpfung dieser 10 km wird in die Frequenzabhän-

gigkeit der Dämpfung eines Fernkabel-Verstärkerfeldes durch die Ortsleitungsentzerrer (OES) umgebildet. Auch die Dämpfung der Ortsleitung nach dem Rundfunksender hin wird auf den für 10 km gültigen Normalbetrag ergänzt. Der Ortsleitungsentzerrer OEE hat die Aufgabe, eine frequenzunabhängige Spannung von 0,5 V bei den lautstärksten Stellen an einem frequenzunabhängigen Endwiderstand von 600 Ω herzustellen. Der Sendeverstärker SV ist ein frequenzunabhängiger Verstärker.

Die Verstärker im Rundfunksenderaum sind so eingerichtet, daß ihr Ausgangswiderstand klein ist gegenüber dem Scheinwiderstand der Ortskabelleitung, die nach dem 1. Verstärker der Rundfunkleitung im Fernkabelnetz führt, so daß bei gleichem Schalldruck vor dem Aufnahmemikrophon für alle Frequenzen des Übertragungsbereichs gleiche Spannungen an die Ortskabelleitung abgegeben werden. Der Pegelverlauf ist in Abb. 11 dargestellt. Die Mikrophonverstärker älterer Bauart liefern 1 V (Pegel — 1,4 Neper) als Spitzenwert; die Mikrophonverstärker neuer Bauart geben 2 V (Pegel — 0,7 Neper) als Spitzenwert. Die Rundfunkverstärker im Fernkabelnetz erhöhen die Spannung in den Spitzenwerten auf 4 V am Ausgang der Verstärker. An den Sendevorverstärker des Rundfunksenders werden etwa 0,5 V in den Spitzenwerten abgegeben (Pegel — 2 Neper). Die folgenden Abbildungen zeigen die gestellmäßige Anordnung der Verstärker an Unterwegsorten, u. zw. Abb. 12 die zweistufigen Hauptverstärker an Unterwegsorten ohne Verzweigungsmöglichkeit, Abb. 13. die zweistufigen Hauptverstärker und die Zusatzverstärker für die gleichzeitige Anschaltung mehrerer Leitungen an Knotenpunkten. Die Gestelle enthalten außer den Ausgleichselementen (Leitungsverlängerungen und Temperatur-Dämpfungsausgleichern) auch Meßeinrichtungen zu örtlichen Messungen an den Verstärkern und ihren Stromquellen.

Abb. 12. Zweistufiger Rundfunk-Leitungsverstärker (ohne Verzweigung).

Abb. 13. Rundfunk-Leitungsverstärker an Verzweigungspunkten (mit Zusatzverstärkern).

Abb. 14. Meßgestell mit Pegelmeßgeräten.

Um den guten Betriebszustand der Rundfunkleitungen zu sichern, sind umfassende Maßnahmen bereits getroffen worden oder noch in der Durchführung begriffen. Zunächst verfügen die Verstärkerämter für die Rundfunkleitungen über dieselben Einrichtungen, die im Fernsprechbetriebe zur Messung der Ströme und Spannungen in und an den Röhren sowie zur Ermittlung der Verstärkungsziffer, zur Kennzeichnung durchgebrannter Röhren und Sicherungen, des Wegbleibens der Betriebspannungen usw. dienen. Darüber hinaus werden alle Verstärkerämter mit Pegelmeßgeräten ausgerüstet, um bei den regelmäßigen Messungen des ganzen Leitungssystems sowie in Störungsfällen die Übertragungsfähigkeit der Rundfunkleitungen in ihren Teilstrecken im ganzen Frequenzbereich feststellen zu können. Die Pegelmeßgeräte an Verzweigungspunkten und in Grenzverstärkerämtern sollen außerdem durch selbsttätige Schreibvorrichtungen ergänzt werden, die es gestatten, den Frequenzverlauf der Pegel- oder Restdämpfung in kürzester Zeit zu erkennen. Abb. 14 zeigt die Ansicht eines Meßgestells.

Um den Zustand der Leitungen auch während einer Übertragung überwachen zu können, werden die Verzweigungsämter und die Grenzverstärkerämter mit Lautspitzenanzeigern ausgerüstet, um zu erkennen, ob die Ausgangsleistungen oder Ausgangspannungen bei den lautstärksten Stellen der Übertragung die vorgeschriebenen Höchstwerte erreichen, aber auch nicht überschreiten. Ferner ist in Aussicht genommen, diesen Ämtern zusätzliche Meßinstrumente zu geben, um den Abstand der lautschwächsten Stellen vom Geräuschspiegel ermitteln zu können.

Als Lautspitzenanzeiger wird ein sogenannter Impulsmesser der Siemens & Halske AG. verwendet (Abb. 15). Dies ist ein Röhrenspannungsmesser in Audionschaltung, der durch die besondere Gestaltung eines Aufspeicherungs-Netzwerks vor dem Gitter der Audionröhre befähigt ist, kurzzeitig wirkende Spannungsspitzen über 20 ms integrierend ziemlich genau anzuzeigen. Die Entladezeit des Netzwerks und damit die Nachwirkezeit beträgt etwa 2 s. Durch Auswahl eines genügend gedämpften Anzeigeinstruments wird erreicht, daß die Überschwingzeit klein bleibt. Der Lautspitzenanzeiger folgt in dieser Anordnung ziemlich genau dem Spannungsverlauf in seinen Spitzenwerten. Mit denselben Instrumenten werden auch die Rundfunk-Sende-

räume und die Sender ausgerüstet, um eine Rundfunkübertragung auf gleicher Grundlage verfolgen zu können. Da der Lautspitzenanzeiger die Spannungspitzen nicht absolut genau anzeigt, hat es sich als notwendig herausgestellt, in den Rundfunk-Senderäumen Einrichtungen zu treffen, die es gestatten, Übersteuerungen auch in den kleinsten Zeiträumen zu erkennen und durch entsprechende Schwächung der Sendeleistung oder -spannung zu verhindern. Hierbei wird vorausgesetzt, daß in den Leitungen und Verstärkern bis zum Sender hin keine unzulässige Steigerung der Übertragungsleistung eintritt. Durch das Zusammenwirken der Lautspitzenanzeiger unterwegs sowie der Übersteuerungskontrolle in den Rundfunk-Senderäumen wird die Senderübersteuerung genügend sicher vermieden werden. Als Instrument zur Messung der Mindestlautstärke wird gleichfalls ein Impulsmesser verwendet, der aber eine größere Empfindlichkeit besitzt als der Lautspitzenanzeiger; er kann durch einfache Umschaltung in einen Fremdspannungsmesser sowie in einen Geräuschspannungsmesser umgewandelt werden, der die Geräusche nach der Ohrempfindlichkeit mit Hilfe eines besonderen Filters bewertet.

Abb. 15. Impulsmesser als Maximum- und Minimumanzeiger.

Ein mit den erwähnten Meßinstrumenten ausgerüstetes Überwachungsgestell ist in Abb. 16 dargestellt.

Abb. 16. Überwachungsgestell.

Endlich sollen die Verstärkerämter am Anfang und am Ende der Rundfunkleitung sowie an Verzweigungspunkten unterwegs und an den Reichsgrenzen noch mit hochwertigen Lautsprechern ausgerüstet werden, um auch die Güte der Übertragung dauernd überwachen zu können, um Mängel der Übertragung mit dem Gehör zu erkennen, um auftretende Mängel schnell eingrenzen und beseitigen zu können und um die rechtzeitige Herstellung von Leitungschaltungen sicherzustellen.

Abb. 17. Deutsches Rundfunk-Leitungsnetz.

Abb. 17 zeigt, welchen Umfang das deutsche Rundfunk-Kabelnetz im Laufe der Zeit angenommen hat. Alle deutschen Fernkabel einschließlich eines Unterseekabels nach Ostpreußen enthalten zum mindesten eine für Rundfunkzwecke geeignete Leitung, so daß die Sender und Rundfunk-Senderäume sowohl innerhalb eines Sendebezirks als auch alle Sendebezirke untereinander und mit den Nachbarländern durch Rundfunk-Kabelleitungen verbunden sind oder verbunden werden können. Auch das Ausland hat in seinen Kabelnetzen Vorkehrungen für die gute Übertragung von Rundfunkdarbietungen getroffen, wenn auch nicht überall in derselben umfassenden Weise, wie es die Deutsche Reichspost bisher getan hat. In den V. S. Amerika, wo man bisher vorwiegend Freileitungen für Rundfunkübertragungen verwendet hat, geht man jetzt in großem Maßstabe zu Kabelleitungen für Rundfunkzwecke über. England benutzt noch vorzugsweise Freileitungen, beginnt aber jetzt auch mit der Herstellung von Rundfunk-Kabelleitungen.

Zum Schluß wurde noch eine Übertragung von Musik und Sprache über eine längere Kabelleitung vorgeführt, die, von Berlin ausgehend, über Leipzig—Plauen—Dresden wieder nach Berlin (insgesamt 625 km) bis in den Vortragsraum führte. Die Schaltung war so eingerichtet, daß die vom Funkhaus kommende Darbietung abwechselnd einmal über die Kabelleitung und das anderemal unmittelbar zum Lautsprecher gelangen konnte. Der Vergleich zeigte, daß ein Unterschied zwischen der Kabelübertragung und der unmittelbaren Übertragung kaum zu erkennen war.

Die Wahl der nach Art und Größe zweckmäßigsten Spitzenkraftquelle.

(Mitteilungen aus dem Lehrfach für Elektrizitätswirtschaft an der T. H. Berlin.)

Von Dipl.-Ing. **E. M. v. Livonius** und Dipl.-Ing. **H. Wolle**, Charlottenburg.

Übersicht. An Hand eines Beispiels wird gezeigt, wie unter Berücksichtigung sämtlicher in Frage kommender Faktoren die graphische Darstellung der Jahreskosten verschiedener Kraftwerkskombinationen eine einfache Vergleichsmöglichkeit bietet. Die gleiche Darstellung liefert für die gegebenen Verhältnisse die optimale Größe einer beliebigen Spitzenkraftquelle, deren Wahl nicht ausschließlich durch wirtschaftliche Erwägungen bedingt zu sein braucht.

Die Verbesserung der Wirtschaftlichkeit im Kraftwerksbetrieb durch Aufstellung eines besonderen Spitzenkraftwerks erreicht den günstigsten Wert naturgemäß nur bei einem bestimmten Verhältnis der Leistungen beider Kraftquellen zueinander, das von Fall zu Fall zu bestimmen ist. Wenn auch infolge des völligen Daniederliegens der deutschen Wirtschaft das „Spitzenproblem" zur Zeit an Aktualität eingebüßt hat[1], so ist es doch für den vorausschauenden Betriebsmann von Wichtigkeit, für die Ausarbeitung neuer Projekte eine Methode zu kennen, an Hand deren er für seinen speziellen Fall ermitteln kann, welche Leistungsunterteilung den größten wirtschaftlichen Erfolg verspricht.

Die Methode der Leistungsunterteilung.

Solche Methoden sind bereits mehrfach entwickelt worden, insbesondere in den Arbeiten von Zimmermann[2] und von Krohne[3]. Obwohl diese beiden Autoren auf verschiedenen Wegen vorgehen, kommen sie zu der gleichen Erkenntnis, daß die Unterteilung an Hand von sog. Kostenlinien vorzunehmen ist, welche zuvor aufzustellen sind. Dies geschieht in der Weise, daß die gesamten Jahreskosten $K = a_L\, p\, L + b\, c\, F$[*4] für verschiedene Leistungen von Grund- und Spitzenkraftwerk an Hand einer bestimmten Jahresleistungsdauerlinie einzeln ermittelt, addiert und in Abhängigkeit vom Verhältnis der Leistungen aufgetragen werden. Die gleiche Erkenntnis soll auch für die vorliegende Arbeit gelten, jedoch soll versucht werden, einige in den genannten Arbeiten enthaltene prinzipielle Unrichtigkeiten auszuschalten, die geeignet sind, das Ergebnis nicht unerheblich zu beeinflussen.

So rechnen beide Verfasser in ihren Arbeiten mit konstanten spezifischen Anlagekosten für die Werke, gleichgültig ob es sich um größere oder kleinere Anlagen handelt, während sich bekanntlich bei größeren Leistungen die spezifischen Anlagekosten beträchtlich ermäßigen (Abb. 2 zeigt die für alle Anlagen charakteristischen Preiskurven, die für kleine Leistungen stark ansteigen.) Wenn beispielsweise Krohne bei der Aufstellung der Kostenlinie für eine Dieselanlage die spezifischen Anlagekosten eines 20 MW-Werks zugrunde legt und mit diesem Wert die Linie bis zu einer maximalen Leistung von 300 MW zeichnet, so muß natürlich die Genauigkeit des Ergebnisses darunter leiden. Zimmermann hilft sich damit, daß er zwei verschiedene konstante Werte, z. B. 200 und 250 RM/kW für die Dieselanlage einsetzt, was aber auch nur als Notbehelf anzusehen ist.

Ferner sieht sich Krohne gezwungen, um die mathematische Lösung nicht zu kompliziert und unübersichtlich zu gestalten, auch den Brennstoffverbrauch unabhängig von der Belastung als konstant anzusehen. Dadurch ist es nicht möglich, die Ersparnisse an Brennstoff, die sich durch Verbesserung des Belastungsfaktors im Grundwerk erzielen lassen, zahlenmäßig zu ermitteln. Dagegen erscheint bei Zimmermann der Einfluß des Belastungsfaktors auf den Brennstoffverbrauch der Werke übertrieben, da er in jedem Fall nur mit einer einzigen Maschine (abgesehen von den Reserven) rechnet. In den meisten Fällen verteilt sich aber die Leistung auf mehrere Maschinen, von denen bei geringer Belastung ein Teil stillgesetzt wird, so daß der mittlere Verbrauch wesentlich günstiger liegt, als Zimmermann ihn annimmt. Weiterhin ist es nicht angängig, bei Speicherkraftquellen die Einsatzzeit, also die Basis der auszufahrenden Spitze, gleich der Vollastentladedauer zu setzen. Denn nur bei rechteckförmiger Spitze sind beide gleich, im allgemeinen ist die Vollastentladedauer beträchtlich kleiner; bei dieser Rechnung würden sich also zu große Speicher ergeben.

Für die Berechnung der Selbstkosten eines Elektrizitätswerkes ist außerdem die richtige Bemessung der Kapitaldienstquote von ausschlaggebender Bedeutung. Leider ist bisher eine einheitliche Bewertung der verschiedenen Größen, insbesondere eine Übereinstimmung über die Sätze für die Abschreibungen nicht zu erzielen gewesen. Hängt doch die Höhe der Abschreibungsquote nicht nur von der Lebensdauer der Anlagen, d. h. der Zeit bis zu ihrer völligen Abnutzung, ab, sondern ebenso sehr von dem „technischen Veralten", das durch den vorher nicht zu übersehenden technischen Fortschritt bedingt wird. Wann eine Anlage als so veraltet zu betrachten ist, daß sie unbedingt durch eine neue zu ersetzen ist, ob man überhaupt die Möglichkeit eines Veraltens, insbesondere bei Spitzenkraftanlagen, schon im voraus durch erhöhte Abschreibungen berücksichtigen soll, das sind Fragen, die nicht in den Rahmen dieses Aufsatzes gehören. Soviel läßt sich aber mit Sicherheit sagen, daß Zimmermann in seinem Aufsatz die Kapitaldienstquoten reichlich niedrig angesetzt hat; ferner ist es nicht richtig, wenn Krohne bei der Berechnung des Abschreibungssatzes mit demselben Zinsfuß rechnet wie bei der Verzinsung des Anlagekapitals, da es sich einmal um Habenzinsen, das andremal um Sollzinsen handelt.

Durchrechnung eines Beispiels.

Ähnlich wie es in den beiden genannten Arbeiten geschehen ist, soll auch hier die Annahme gemacht werden, daß die Stromversorgung einer Stadt durch eine von Grund auf neu zu erstellende Anlage beabsichtigt sei, daß also evtl. bereits vorhandene Anlagen außer acht gelassen werden. Der Untersuchung werden die Belastungsverhältnisse

Abb. 1. Jahresleistungsdauerlinie.

einer Großstadt, in ihrem grundsätzlichen Verlauf den Aufzeichnungen der Bewag entsprechend, jedoch mit einer Jahresspitze von 100 000 kW zugrunde gelegt. Allerdings sind auf diese Weise die Ergebnisse mit denen der beiden genannten Autoren nicht unmittelbar vergleichbar, doch waren beide Beispiele in ihrer Größenordnung ohnehin nicht sonderlich glücklich gewählt. Denn bei nur 11 000 kW Spitzenleistung, mit der Zimmermann rechnet, kommt kaum jemals der Bau eines besonderen Spitzenwerkes in Frage, da die Kosten viel zu groß wären; ebensowenig ist es angebracht, ein allgemeines Beispiel einer kommunalen Stromversorgung mit 300 000 kW Spitzenleistung durchzurechnen, da außer Berlin keine deutsche Großstadt mit derartigen Leistungen rechnen kann.

Die Untersuchung hat auszugehen von der Jahresleistungsdauerlinie (Abb. 1), d. h. der graphischen Darstellung der Benutzungsdauer der nach der Größe geordneten

[1] S. a. v. Zastrow, Betrachtungen über das Spitzenproblem. DKE Bd. 3, S. 27 (1931).

[2] Zimmermann, Zur Frage der Unterteilung eines stark wechselnd belasteten Elektrizitätswerkes in Grund- und Spitzenkraftwerk. Elektrizitätswirtsch. Bd. 27, S. 129 (1928).

[3] E. Krohne, Die wirtschaftliche Erzeugung der elektrischen Spitzenkraft in Großstädten. Verlag von Julius Springer, Berlin 1929.

[*4] W. Windel, Begriffe und Bezeichnungen für Untersuchungen und Berechnungen auf dem Gebiet der Elektrizitätswirtschaft. ETZ 1930, S. 738.

Leistungen. Die Fläche unter dieser Kurve gibt die gesamte Jahresarbeit des Werks an, in unserm Fall 312 Mill kWh. Bei dauernder Vollast das ganze Jahr hindurch hätte das Werk eine Arbeit von 100 000 · 8760 = 876 Mill kWh abgeben können, es arbeitet also mit einem Belastungsfaktor $m = \frac{312\,000\,000}{876\,000\,000} = 0{,}36$. Die oben erwähnten Kostenlinien werden erhalten durch Variation der Kombination Grundwerk-Spitzenwerk zwischen den Grenzfällen: 1. Einheitsdampfkraftwerk (Leistung des Spitzenwerks also: $L_s = 0$), 2. Spitzenkraftwerk von solcher Leistung, daß es während 1500 h/Jahr eingesetzt werden muß, um die Leistungsdauerlinie auszufahren (nach Abb. 1 also $L_s = 50$ MW).

Es sei nochmals darauf hingewiesen, daß das im folgenden gebrachte Beispiel nur den Gang der notwendigen Rechnungen veranschaulichen soll. Man muß sich also stets vor Augen halten, daß den hier verwendeten zahlenmäßigen Angaben über Preise usw. keinerlei Allgemeingültigkeit zukommt, sondern daß sie Mittelwerte darstellen. Da sämtliche Preise sowohl zeitlich wie besonders örtlich (Bodenverhältnisse!, Fracht!) außerordentlichen Schwankungen unterliegen, ist die Rechnung für jeden speziellen Fall mit den für diesen geltenden Werten durchzuführen. Dadurch kann sich natürlich für die Wirtschaftlichkeit der verschiedenen Spitzenkraftquellen ein gänzlich anderes Bild ergeben.

Das Grundkraftwerk.

In der hier gedachten Anlage ist das Dampfkraftwerk an der Peripherie der Stadt gelegen und versorgt das Stadtgebiet über eine 30 kV-Leitung. Die Spitzenkraftwerke liegen, je nach ihrer Eigenart, entweder außerhalb der Stadt und speisen ebenfalls das 30 kV-Netz oder im Stadtinnern und greifen dann an einem 6 kV-Mittelspannungsnetz an.

Abb. 2. Spezifische Anlagekosten für Steinkohlen-Dampfkraftwerke bei verschiedenen Reservefaktoren.

Abb. 3. Zunahme des mittleren spezifischen Brennstoffverbrauchs bei sinkendem Belastungsfaktor.

Als Grundkraftwerk wird eine Anlage mit Rostfeuerung von 30 atü Konzessionsdruck bei 400 °C Frischdampfüberhitzung vorgesehen. Die spezifischen Anlagekosten für ein derartiges Werk sind in Abb. 2 in Abhängigkeit von der Leistung dargestellt, u. zw. bei verschiedenen Reservefaktoren. Man sieht, daß bei einem großen Reservefaktor bzw. einer Unterteilung des Werkes in große Einheiten die spezifischen Anlagekosten am kleinsten sind; anderseits sind hier infolge der großen Reserven die gesamten Ausbaukosten des Werkes sehr hoch. Welcher Reservefaktor für ein Werk zu wählen ist, hängt in hohem Maße von den Brennstoffkosten und somit von den Belastungsverhältnissen des Werkes ab. Für den vorliegenden Fall ergab eine genaue Durchrechnung, daß die Wahl eines Reservefaktors von 1,33, also die Aufstellung von vier Einheiten, von denen eine zur Reserve dient, am zweckmäßigsten ist.

Für die Abschreibung des Dampfkraftwerks wird, wie meist üblich, ein Zeitraum von 10 Jahren vorgesehen; bei einer Wiederverzinsung der zurückgelegten Beträge mit 4 % beträgt daher die Abschreibungsquote 8 %. Als Verzinsung des Anlagekapitals waren zur Zeit der Abfassung des Aufsatzes ungefähr 8 % anzusetzen. Für Reparaturen, Schmier- und Putzstoffe sowie für Verwaltung, Löhne, Steuern usw. ist ein weiterer Betrag von 5 % aufzuwenden. Insgesamt hat man also $p = 21$ % des Anlagekapitals jährlich an festen Kosten aufzubringen; die jährlichen festen Kosten $K_f = a_L\, S\, r\, p$ für das Grundkraftwerk sind in Zahlentafel 1 zusammengestellt.

Wie erwähnt, soll die Größe des Grundkraftwerks zwischen $S_G = 50$ MW und $S_G = 100$ MW variiert werden; bei einer Unterteilung in drei Einheiten (ohne Reserve)

Zahlentafel 1. Jahreskosten im Steinkohlen-Grundkraftwerk.
Annahmen: Reservefaktor $r = 1{,}33$, Kapitaldienstquote $p = 21$ %, Kohlenpreis $b = 21$ RM/t.

Spitzenleistung S_G MW	Jahresarbeit F_G Mill kWh	Belastungsfaktor m	spezifische Anlagekosten a_L RM/kW	jährliche feste Kosten K_f 1000 RM	mittlerer Wärmeverbrauch w_m kcal/kWh	jährliche Brennstoffkosten K_B 1000 RM	gesamte Jahreskosten K_G 1000 RM
100	312,5	0,36	255	7140	4300	4100	11 240
90	312,2	0,40	257	6470	4250	4040	10 510
80	311,0	0,44	259	5790	4200	3970	9 760
70	308,2	0,50	261	5100	4150	3880	8 980
60	301,9	0,57	265	4450	4050	3700	8 150
50	290,2	0,67	270	3780	3950	3450	7 230

ergeben sich dann Maschinengrößen zwischen 17 000 und 33 000 kW. Naturgemäß ist der spezifische Verbrauch der größeren Einheiten etwas geringer, jedoch bei dieser Größenordnung die Differenz so gering, daß mit genügender Genauigkeit für alle Fälle ein Verbrauch von 4,3 kg Dampf des oben genannten Zustands je 1 kWh bei Vollast angenommen werden kann, so daß sich unter Berücksichtigung des Eigenbedarfs ein Wärmeverbrauch von $W_0 = 3800$ kcal/kWh ergibt.

Die dauernd schwankenden Belastungen haben zur Folge, daß die Anlagen den größten Teil ihrer Betriebszeit nur z. T. belastet sind. Da die Wirkungsgradkurven der Erzeugungsanlagen, besonders der Kessel, bei geringer Belastung stark abfallen, ergibt sich hierdurch ein schlechter Jahreswirkungsgrad, d. h. der mittlere spezifische Wärmeverbrauch eines Jahres liegt wesentlich höher als der Vollastverbrauch. Nach Klingenberg[5] läßt sich diese Zunahme des Verbrauchs auf Grund der Jahresleistungsdauerlinie angenähert berechnen. In Abb. 3 ist die Zunahme des Verbrauchs in Abhängigkeit vom Belastungsfaktor dargestellt; man erkennt hier den Einfluß des Reservefaktors auch auf den Brennstoffverbrauch. Es zeigt sich, daß bei einem normalen Reservefaktor die Verbrauchszunahme wesentlich geringer ist, als sie Zimmermann für seine Rechnung angibt. Bei einem Belastungsfaktor von $m = 0{,}36$, wie ihn das Grundkraftwerk bei alleiniger Belieferung des Versorgungsgebiets aufweisen würde, beträgt der Mehrverbrauch gegenüber Vollast rd. 15 %, was bei dem großen Kohlenverbrauch des Werkes eine beträchtliche Summe ausmacht, die man keinesfalls vernachlässigen darf. Gelingt es also, durch den Bau eines besonderen Spitzenwerks den Belastungsfaktor des Grundkraftwerks zu verbessern, so lassen sich hier erhebliche Summen einsparen.

Abb. 4. Spezifische Anlagekosten von Spitzenkraftwerken.

Als Brennstoff für das Dampfkraftwerk diene Steinkohle mit einem Heizwert von 7000 kcal/kg, deren Preis 21 RM/t, also $b = 0{,}3 \cdot 10^{-3}$ Pf/kcal frei Kesselhaus betrage; die jährlichen Aufwendungen für Brennstoff betragen $K_b = F_G\, b\, w_m$. Nun haben die starken Schwankungen der Belastung weiterhin zur Folge, daß ein Teil der Kessel zeitweilig abgestellt werden muß, um bei Einsetzen stärkeren Verbrauchs wieder angeheizt zu werden. Die hierdurch entstehenden Anheizverluste lassen sich schwer erfassen; sie sind auch weitgehend abhängig von der Bauart der Kessel. Nach Angaben von Suabedissen wurde unter Zugrundelegung eines modernen Kessels der zusätzliche Brennstoffverbrauch für Anheizzwecke überschlägig errechnet und zu den übrigen Brennstoffkosten hinzugeschlagen; die gesamten jährlichen Brennstoffkosten K_B sind in Zahlentafel 1 verzeichnet. Die gesamten Jahreskosten für das Grundkraftwerk $K_G = K_f + K_B$ (s. Zahlentafel 1) sind in Abb. 5 durch die Kurve *1* dargestellt.

[5] G. Klingenberg, Bau großer Elektrizitätswerke. Verlag von Julius Springer, Berlin 1926.

Die primären Spitzenkraftwerke.

Zu den Jahreskosten des Grundkraftwerks addieren sich die Kosten des zugehörigen Spitzenwerks; ihre Berechnung aus den festen und den Brennstoffkosten erfolgt bei den selbständigen Spitzenkraftwerken ebenso wie beim Grundkraftwerk.

Ein Dampfkraft-Spitzenwerk müßte in unserem Beispiel eine Leistung von etwa 30 ... 40 MW erhalten; bei dieser Größe würden sich aber die Ausbaukosten kaum geringer stellen als beim Einheitsgrundwerk von 100 MW, obwohl die Spitzenanlage ohne Rücksicht auf den Wirkungsgrad einen wesentlich einfacheren Aufbau erhalten kann. Außerdem ist ein Dampfkraftwerk aus Gründen, die später noch zu erörtern sind, als spezielles Spitzenwerk an sich nicht sehr geeignet. Infolgedessen wird auf eine gesonderte Durchrechnung verzichtet.

Das Diesel-Spitzenkraftwerk hingegen ist schon infolge seiner erheblich geringeren Anlagekosten für den Spitzenbetrieb durchaus geeignet. Die in Abb. 4 wiedergegebene Kurve für die Anlagekosten beruht auf den Preisen für bisher ausgeführte Werke sowie auf Voranschlägen der Industrie für größere Anlagen. Die Lebensdauer wird für das Dieselwerk mit Rücksicht auf die geringere Benutzungsdauer mit 12 Jahren angenommen, was einer Abschreibungsquote von 6,5 % entspricht, während die Verzinsung des Kapitals wieder zu 8 % angenommen wird. Die Anteile für Reparaturen, Löhne, Schmierstoffe, stellen sich aus dem gleichen Grunde ebenfalls niedriger, so daß mit einer gesamten Quote von 18,5 % zu rechnen ist.

1 Jahreskosten des Grundkraftwerks
2 „ „ Spitzenkraftwerks
3 „ der Kombination

Abb. 5. Kostenlinie bei Spitzendeckung durch Dieselwerk.

Spitzenwerke haben in der Regel eine Belastungspitze von dreieckförmiger Gestalt auszufahren. An Hand der Wirkungsgradkurve eines modernen Dieselmotors wurde der mittlere Brennstoffverbrauch, wie in Zahlentafel 2 angegeben, errechnet unter der Voraussetzung, daß Dreieckspitze und Motorvollast zusammenfallen. Dies ist zwar im allgemeinen nicht der Fall; wenn sich aber die Leistung auf mehrere Maschinen verteilt, von denen teilweise nur ein Teil in Betrieb ist, ändert sich der angegebene Wert nicht wesentlich. Als Brennstoff für Dieselmotoren dient Gasöl, dessen Preis frei Kraftwerk 15 RM/100 kg beträgt. Die gesamten jährlichen Kosten für das Dieselwerk, die aus Zahlentafel 2 ersichtlich sind, sind in Abb. 5 in Abhängigkeit von der Größe des Werks aufgetragen (Linie *2*). Die Addition der Linien *1* und *2* ergibt die Kostenlinie für die Kombination Grundwerk-Dieselwerk (Linie *3*). Man erkennt, daß sich durch den Bau des Spitzenwerks beträchtliche Ersparnisse erzielen lassen, u. zw. liefert ein Ausbau des Dieselwerks auf etwa 40 ... 50 MW die günstigsten Ergebnisse. Bei einer noch höheren Leistung wird infolge der vermehrten Jahresarbeit der Nutzeffekt durch die hohen Brennstoffkosten wieder vernichtet.

Zahlentafel 2. Gesamte Jahreskosten bei Spitzendeckung durch Dieselkraftwerk.

Annahme: Reservefaktor $r = 1{,}33$, Kapitaldienstquote $p = 18{,}5\ \%$, Brennstoffpreis $b = 0{,}15$ RM/kg.

Spitzenleistung S_s	Jahresarbeit F_S	spezifische Anlagekosten a_L	jährliche feste Kosten K_f	mittlerer Brennstoffverbrauch c_m	jährliche Brennstoffkosten K_B	gesamte Jahreskosten: Dieselwerk K_s	gesamte Jahreskosten: Diesel- plus Grundwerk K
MW	1000 kWh	RM/kW	1000 RM	g/kWh	1000 RM	1000 RM	1000 RM
0	—	—	—	—	—	—	11 240
10	340	230	570	380	20	590	11 100
20	1 480	210	1040	360	80	1115	10 880
30	4 300	200	1480	345	230	1710	10 690
40	10 600	195	1930	325	530	2460	10 620
50	22 300	190	2360	310	1040	3400	10 630

Zum Zweck des Vergleichs mit den andern Spitzenkraftwerken ist in Abb. 7 die Kostenlinie noch einmal in vergrößertem Maßstabe wiedergegeben. Gleichzeitig sind durch eine Division der Jahreskosten durch die jährliche Gesamterzeugung von 312 Mill kWh die Kosten je abgegebene Kilowattstunde ermittelt worden; der entsprechende Maßstab ist rechts an Abb. 7 angetragen, so daß von der Kostenlinie direkt die Gestehungskosten für eine Kilowattstunde abgelesen werden können. *(Schluß folgt.)*

Verlustleistung und Kühlluftbedarf elektrischer Maschinen.

Von **Rudolf Schütte**, Berlin.

Übersicht. Es wird ein Nomogramm aufgestellt, welches gestattet, die Kühlluftmenge für elektrische Maschinen bei gegebener Verlustleistung, Seehöhe bzw. Barometerstand und Temperaturzunahme, ferner die Lufteintritts-Querschnitte bei gegebenen Geschwindigkeiten unmittelbar abzulesen.

In einer ventilierten elektrischen Maschine setzt sich die gesamte Verlustleistung

$$N_v = \frac{\text{Leistung} \cdot 100}{\text{Wirkungsgrad}} - \text{Leistung} \quad [\text{kW}]$$

in Wärme um, welche von der durchströmenden Kühlluft aufgenommen wird. Die durch Strahlung der Außenfläche und Ableitung der Füße an die Umgebung abgegebene geringe Wärmemenge sei dabei vernachlässigt.

Bei dem Entwurf einer elektrischen Maschine ist es erforderlich, die Größe der Kühlluftöffnungen, Ventilatoren und Anschlußrohre in ein günstiges Verhältnis zum Kühlluftbedarf zu bringen. In dem nachstehenden zu diesem Zweck entworfenen Nomogramm (Abb. 1) sind die zwischen Luftmenge, Eintrittsgeschwindigkeit und Eintrittsquerschnitt einerseits und Luftmenge, Temperaturzunahme, Barometerstand bzw. Höhe über dem Meeresspiegel und Verlustleistung anderseits bestehenden Zusammenhänge dargestellt.

Angenommen wurde eine Umgebungstemperatur von + 30 ° C. Die Temperaturzunahme der Kühlluft in der Maschine und die Eintrittsgeschwindigkeit der Kühlluft hängen von der Größe, der Bau- und Belüftungsart der Maschine ab.

Das Nomogramm ist entwickelt aus:

Luftmenge $Q = F \cdot v \cdot 60 \cdot 10^{-4}$ [m³/min] (Skala *I*, *II* u. *III*).

Hierin ist bezeichnet mit

F der Kühllufteintritts-Querschnitt in cm² und mit

v die Eintrittsgeschwindigkeit in m/s.

Es ist die Verlustleistung bei 760 mm Hg und + 30 ° C

$$N_v' = \frac{Q}{60} \cdot 1{,}165 \cdot 0{,}238 \cdot \Delta t \cdot 4{,}2 \ [\text{kW}] \quad (\text{Skala } III,\ IV \text{ u. } V),$$

wobei bedeuten

$1{,}165 = 1{,}293 \dfrac{273}{273 + 30}$ das Gewicht von 1 m³ Luft in kg bei + 30° C,

$0{,}238$ die spez. Wärme bei konstantem Druck,

$4{,}2 = \dfrac{427}{102}$ das elektrische Wärmeäquivalent und

Δt die Temperaturzunahme der Luft innerhalb der Maschine in °C.

Zwischen der Höhe über dem Meeresspiegel H in m und dem Barometerstand P, gemessen in mm Hg, bestehen folgende Zusammenhänge[1]:

$$H = (18\,400 + 70 \cdot 30) \cdot \lg \frac{760}{P} \ [\text{m}] \qquad (\text{Skala } VII).$$

[1] „Hütte" Bd. 1, S. 331 (23. Aufl.).

Je höher der Aufstellungsort einer Maschine liegt, desto geringer wird der Luftdruck und damit die Wärmekapazität der Kühlluft für 1 m³, so daß sich bei einem Barometerstand P eine Verlustleistung ergibt

$$N_v = \frac{P}{760} \cdot N_v' \text{ [kW]} \qquad \text{(Skala } V, VI \text{ u. } VII\text{).}$$

Beispiel: Gegeben $N_v = 12$ kW und $H = 3600$ m für eine mit Rohranschluß auszuführende Maschine von 108 kW Leistung (Wirkungsgrad 90 %). Die von 3600 auf Skala *VII* durch 12 auf Skala *VI* gezogene Linie schneidet die Skala *V* in 18, d. h. die in 3600 m Seehöhe aufzustellende Maschine ist so zu wählen, daß sie in der durchströmenden Kühlluft bei 760 mm Hg eine Verlustleistung von 18 kW abführen kann. Verbindet man $N_v' = 18$ mit $\Delta t = 13$ (angenommener Wert) auf Skala *IV*, dann findet man durch Verlängerung auf der Skala *III* $Q = 71$ m³/min als Kühlluftbedarf. Die Luftgeschwindigkeit soll an der Eintrittsöffnung 9 m/s und in dem Anschlußrohr 6 m/s betragen. Durch Verbindung von 71 auf Skala *III* mit den Punkten 9 bzw. 6 auf Skala *II* und Verlängerung bis Skala *I* ermittelt man die Werte $Q = 1320$ bzw. 1980 cm² Querschnitt. Das Beispiel ist in das Nomogramm eingezeichnet.

Abb. 1.

Mitteilungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

Bekanntmachung über Prüfungen und Beglaubigungen durch die Elektrischen Prüfämter[1].

Nr. 302.

Auf Grund des § 10 des Gesetzes vom 1. VI. 1898, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, werden dem System 131 folgende Elektrizitätszählerformen als Zusatz eingereiht.

Zusatz zu System 131, die Formen J7t, J7mk und J7tmk, Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom, hergestellt von der **Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft** in Berlin.

Berlin-Charlottenburg, den 23. V. 1931.

Der Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.
Paschen.

(*Fortsetzung s. unten.*)

Beschreibung.

Zusatz zu System 131,

die Formen J7t, J7mk und J7tmk, Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom, hergestellt von der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft in Berlin.

Die durch die Bekanntmachung Nr. 285 vom 22. VIII. 1930 (ETZ 1930, S. 1462) zur Beglaubigung zugelassenen

[1] Reichsministerialblatt 1931, S. 361.

Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom der Form J7 des Systems 131 werden neuerdings auch in einigen abgeänderten Ausführungen mit den Formbezeichnungen J7t, J7mk und J7tmk hergestellt und können in diesen Ausführungen für die gleichen Meßbereiche wie die Zähler der Form J7 beglaubigt werden. Die neuen Zählerformen unterscheiden sich von den Zählern der Form J7 in folgender Weise:

Die Zähler der Form J7t sind mit der gleichen Vorrichtung zur Herabsetzung der Abhängigkeit der Zählerangaben von Temperaturänderungen versehen, wie sie die durch die Bekanntmachung Nr. 287 vom 16. IX. 1930 (ETZ 1930, S. 1620) zur Beglaubigung zugelassenen Zähler der Form J6ft aufweisen.

Die Zähler der Form J7mk sind mit einer ebensolchen Kontaktvorrichtung ausgerüstet, wie sie in den durch die Bekanntmachung Nr. 264 vom 1. X. 1928 (ETZ 1928, S. 1819) zur Beglaubigung zugelassenen Zählern der Form Jmk eingebaut ist.

Die Zähler der Form J7tmk endlich besitzen sowohl die Vorrichtung zur Herabsetzung des Temperatureinflusses auf die Zählerangaben als auch die Kontaktvorrichtung.

RUNDSCHAU.

Leitungen.

Entwicklung der Glasisolatoren für elektrische Leitungen. — Wenn Glasisolatoren nur ziemlich zögernd Eingang in den Leitungsbau gefunden haben, so ist das hauptsächlich auf fabrikatorische Schwierigkeiten zurückzuführen, die aus den Anforderungen hinsichtlich des Gewichtes, der Form und Wandstärke entstanden. Die physikalischen und chemischen Eigenschaften des Glases machen es für Isolationszwecke besonders geeignet. Von diesen sind hervorzuheben: die vollkommene Homogenität, die Freiheit von Poren, die Durchsichtigkeit, die das Feststellen von Fehlern (Ausschußware) bedeutend erleichtert, und der Fortfall einer besonderen Oberflächenbehandlung, wie sie die Herstellung der Glasur beim Porzellanisolator erforderlich macht. Der Isolationswiderstand ist außerordentlich hoch, die mechanische Festigkeit höher als die des Porzellans.

Besonders vorteilhaft ist die Eigenschaft der Isotropie eines Glaskörpers; ändert sich das Verhalten des Materials in einer bestimmten Hinsicht, so sind damit Änderungen im Verhalten auch in andern Hinsichten verbunden, was für Prüfzwecke von Bedeutung ist. Wenn Glas durch irgendwelche Einflüsse Änderungen seiner physikalischen Eigenschaften erlitten hat, so zeigt sich das im polarisierten Licht durch die Doppelbrechung; damit steht eine Prüfmethode von außerordentlicher Genauigkeit und Zuverlässigkeit zu Gebote. — Weitere Verwendungsmöglichkeiten des Glases in der Elektrotechnik, z. B. für Durchführungsisolatoren, ölgefüllte Endverschlüsse usw., werden kurz erwähnt. Den Abschluß bilden Hinweise auf praktisch bewährte Kittverfahren und Materialien dazu; als gut geeignet wird eine Mischung von Gips und Tischlerleim bezeichnet. (N. E. North, The Electrician Bd. 102, S. 101.) *Eg.*

Elektromaschinenbau.

Über den Magnetisierungstrom des Drehstrommotors bei hoher Zahnsättigung. — Der Magnetisierungstrom des Drehstrommotors kann entweder aus dem treppenförmigen Verlauf der Induktionsverteilung unmittelbar oder durch Reihenentwicklung der Treppenkurve über die Drehfelder berechnet werden. Der erstere Rechnungsgang bleibt auch bei Sättigung des magnetischen Kreises erhalten, wenn zwischen Amperewindungen und Induktion keine Proportionalität mehr besteht. Für die Einlochwicklung wird die Rechnung durchgeführt und ergibt je nach der Schaltung verschiedene Resultate. Bei Sternschaltung tritt eine dritte Harmonische in der Phasenspannung auf, bei Dreieckschaltung dagegen im Phasenstrom.

Die Rechnung über die Drehfelder ist bei Sättigung nur noch angenähert möglich. Während nach dem üblichen Rechnungsgang die abgeplattete Kurve der Induktionsverteilung, die sich bei Annahme sinusförmigen Stromverlaufs ergibt, durch die flächengleiche Sinuskurve ersetzt wird, wird nachgewiesen, daß die erste Harmonische dieser Feldkurve auch bei hoher Sättigung eine erheblich größere Genauigkeit gibt. Die experimentelle Nachprüfung durch Messung an einem mit Überspannung betriebenen Drehstrommotor bestätigt das Ergebnis der Rechnung, insbesondere zeigen die durch oszillographische Aufnahme gewonnenen Bilder des Verlaufs der Induktionsverteilung, daß die Drehfeldkurve bei Sternschaltung unverändert fortschreitet, bei Dreieckschaltung aber durch Überlagerung eines Wechselfeldes mit dreifacher Periode und Teilung periodische Formänderungen erfährt. (W. Stäblein, Arch. El. Ed. 25, H. 3, S. 168.)

Meßgeräte und Meßverfahren.

Wheatstonesche Meßbrücke zur Messung fester und flüssiger Widerstände (Blitzableiterprüfung) sowie zu Fehlerortsbestimmungen. — Die von der Firma Robert Abrahamsohn G. m. b. H., Berlin-Steglitz, hergestellte Meß-

Abb. 1. Meßbrücke.

brücke (Abb. 1) ist in allen Teilen auf das sorgfältigste durchgebildet. Die Ablesung des Meßresultates erfolgt ohne Umrechnung, so daß jeder ungelernte Arbeiter zuverlässige Messungen ausführen kann. In der Fabrikation von Heizapparaten, Rundfunkteilen, Telephonapparaten sowie für Herstellung von Maschinen, Anlassern usw. leistet die Brücke beim Abstimmen von Spulen vorzügliche Dienste. Unter Anwendung eines Telephons und Summers können flüssige Widerstände an elektrolytischen Bädern und Elementen sowie Erdungswiderstände bei Blitzableiterprüfungen gemessen werden. Unter Anwendung eines Umschalters können Isolationsfehler (Erdungsstellen) an verlegten Kabeln lokalisiert werden. Zur Messung benutzt man einen oder mehrere Akkumulatoren oder Trockenelemente (Taschenlampenbatterie). Neu und einzigartig an dieser Konstruktion ist die Auswechselbarkeit der Anzeigeinstrumente, welche sämlich mit normalen Steckanschlüssen versehen sind und durch Einstecken in Steckbuchsen benutzt werden.

Konstruktion: Der Meßdraht ist 420 mm lang, besteht aus härtestem Spezialmaterial und ist am Umfang einer Schieferplatte von 185 mm Dmr. angeordnet, auf welcher die in Metall geätzte Skala befestigt ist. Die in der Mitte gelagerte Kurbel besitzt zentrisch eine Taste zur selbsttätigen Abschaltung der Meßbatterie, während das Kurbelende den federnden vollkommen abnutzungsfreien Gleitkontakt trägt. Fünf im Innern des Gehäuses befindliche Vergleichswiderstände von 0,1, 1, 10, 100, 1000 Ω sind durch Drehknopf von außen einstellbar. Zwei Anschlüsse für den unbekannten Widerstand sowie zwei Paar Klemmen mit Einstecklöchern für den Anschluß der Batterie, des Galvanometers, Summers und Umschalters sind am Rande des Gehäuses angeordnet. *fi*

Photoelektrischer Schreiber zur Aufzeichnung der Rauchdichte in Schornsteinen. — Die Rauchfrage und deren Beseitigung ist in großen Städten und Industrieorten nicht

nur eine wirtschaftliche, sondern gleichzeitig auch eine sanitäre und für die Entwicklung des Platzes oft nicht unwesentliche Angelegenheit. Man hat in Amerika schon länger und in neuerer Zeit auch in Deutschland (z. B. Siemens-Rauchdichteanzeiger[1]) dieser Frage besondere Beachtung geschenkt und Apparate zur Beobachtung und Aufzeichnung der Rauchdichte entwickelt. Sie wird an der Helligkeitsbeeinflussung eines Lichtstrahles gemessen, der rechtwinklig zur Achse des Schornsteines durch diesen geleitet wird. Ein den Schornstein durchsetzendes rohrartiges Gestell ist beiderseitig abgedichtet in die Schornsteinwand eingebaut und an den Enden mit Linsen verschlossen. In der Richtung der Schornsteinachse sind in dem Gestell unten und oben offene Kammern vorgesehen, die vom Rauch durchströmt werden und die rechtwinklig dazu in dem Wege des Lichtstrahles liegen. Das von der einen Seite des Schornsteins eintretende Licht trifft nach dem Passieren der Rauchkammer auf der anderen Schornsteinseite auf eine photoelektrische Zelle, welche mit Röhrenverstärkung und Unterbrecher periodische Stromstöße entstehen läßt, deren Stärke der Rauchdichte entspricht. Diese Stromstöße werden auf ablaufendem Papierstreifen rechtwinklig zur Laufrichtung des Streifens aufgezeichnet. — Bei dem oben erwähnten Siemens-Rauchdichteanzeiger befinden sich an Stelle der photoelektrischen Zelle Thermoelemente in gasgefüllter Glasglocke, die einen der Rauchdichte entsprechenden Gleichstrom liefern, der mit Gleichstrominstrumenten ablesbar und registrierbar ist. (E. H. Vedder, The Electric Journ. Bd. 26, S. 185.) *Schö.*

Messung kleiner Verlustfaktoren bei hohen Spannungen. — In einer umfangreichen Versuchsreihe haben Rayner und Mitarbeiter Brücken- und wattmetrische Meßverfahren vergleichsweise bei Kabeluntersuchungen angewendet, wobei sie nach Beseitigung verschiedener Fehlerquellen eine Genauigkeit von 0,0001 bei $\operatorname{tg}\delta = 0{,}01$ erzielten. Die für diesen Teil der Arbeit zur Verfügung stehenden Hochspannungs-Wattmeter, Widerstände und Kondensatoren gestatteten nur Messungen bis 20 und 30 kV. Es werden die Schaltungen, mögliche Fehlerarten und ihre Quellen bei der Messung des Verlustfaktors mittels elektrostatischen Wattmeters, Schering-Brücke mit Schirmring auf Erd- und Galvanometerpotential, direkter Dynamometermethode und induktiv und kapazitiv kompensierten Dynamometers behandelt. Bei Berücksichtigung der bekannten Vorsichtsmaßnahmen ergibt die Schering-Brücke mit einem Luftkondensator als Vergleichsnormal die zuverlässigsten Meßergebnisse, während es bei den anderen Verfahren angebracht ist, sie gegen einen Luftkondensator zu eichen. Sehr eingehend haben sich die Verfasser mit der Ausführung und Untersuchung eines Normalluftkondensators für Spannungen bis 150 kV befaßt, der zwecks leichter Einstellung verschiedener Kapazitätswerte als doppelter Plattenkondensator ausgeführt wurde, woraus sich jedoch verschiedene Nachteile gegenüber den bekannten Zylinder-(Petersen-) Kondensatoren ergeben.

Bei einem Abstand von 10 cm der 240 . 120 cm großen Platten beträgt die Kapazität 500 μμF und die Überschlagspannung bei polierten Platten 135 kV. Die Kantenabrundungen wurden gemäß dem nach einem Sondenverfahren ermittelten Feldverlauf gewählt; es fällt auf, daß auch die sich gegenüberstehenden Ränder von Meßplatte und Schutzring abgerundet sind. Ränder und Rückseiten der Meßplatten sind von geerdeten Schutzplatten umgeben. Bei einem Plattenabstand von 40 cm ergab sich die eigenartige Erscheinung, daß der Luftkondensator scheinbar einen negativen Verlustfaktor von 0,0007 hatte (Spannungsangabe fehlt), der erst bei Abdeckung der die Meßbelege tragenden Porzellanisolatoren durch geerdete Zinnfolie beseitigt werden konnte. Die Fehlerquelle wird an Hand eines Vektordiagrammes erklärt. Als Hochspannungswiderstand diente bei den wattmetrischen Messungen eine strömende Flüssigkeitsäule, deren Kapazität gering ist. Wegen seines veränderlichen Widerstandswertes ist er nicht für Leistungsmessungen, jedoch für Verlustfaktormessungen mit einem kompensierten Wattmeter geeignet. Kapazitätsfehler konnten durch Schirmung jeder Stelle des Widerstandes auf dem Potential jeder dieser Stellen beseitigt werden, was dadurch verwirklicht wurde, daß die Hauptwiderstandsäule von anderen, die gleiche Spannung führenden Widerstandsäulen umgeben war. Für 50 kV aufwärts wurde destilliertes Wasser von 30 000 Ω/cm^3 in einem mit einem Kühler versehenen Umlaufsystem verwendet.

Höhere Harmonische beeinflussen die Verlustfaktormessung in der Schering-Brücke nicht, ergeben jedoch im kompensierten Wattmeter eine zu kleine Ablesung. Der in amerikanischen Messungen festgestellte Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf den Phasenwinkel der Kondensatoren konnte von den Verfassern nicht bestätigt werden. Im Schlußwort wird ein neuerdings verwendeter Stickstoff-Preßgas-Kondensator für 290 kV bei 15 at erwähnt. — Auch die dem Bericht folgenden Diskussionsbeiträge enthalten wertvolle meßtechnische Erfahrungen. (E. H. Rayner, G. Standring, R. Davis u. W. Bowdler, J. Inst. El. Engs. London Bd. 68, S, 1132.) *Schdn.*

Beleuchtung.

Das künstliche Licht im Filmatelier. — Während früher die meisten Atelieraufnahmen bei Tageslicht gemacht wurden, wird heute im Filmatelier ausschließlich künstliches Licht verwendet. Einen Überblick über die Entwicklung und den gegenwärtigen Stand der für Filmaufnahmen verwendeten Lichtquellen und ihres Zubehörs gab Dipl.-Ing. Steppacher in einem Vortrag in der Mitgliederversammlung der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft im März d. J. Bei der Auswahl der für photographische Zwecke benutzten Lichtquellen ist außer ihrer Aktinität, d. h. ihrer Wirksamkeit auf die photographische Emulsion, vor allem die richtige Wiedergabe der Farbtonwerte maßgebend. Die heute gebräuchlichen Lichtquellen sind die Kohlebogenlampe, die Quecksilberbogenlampe und die Glühlampe. Die beiden ersteren beherrschten bis vor einigen Jahren ausschließlich das Feld, da der damals ausschließlich verwendete nicht sensibilisierte Film in der Hauptsache nur auf die kurzwelligen (blauen) Strahlen des sichtbaren Spektrums anspricht. Als jedoch etwa vom Jahre 1925 ab der panchromatische Film mit seiner erheblich naturgetreueren Wiedergabe der Farbtonwerte sich das Feld zu erobern begann, stellte es sich heraus, daß gerade das an gelben und roten Strahlen reichere Licht der Glühlampe für dieses Aufnahmematerial besonders geeignet war. Ein weiteres Moment für die zunehmende Verwendung der Glühlampe im Filmatelier wurde durch die veränderte Aufnahmetechnik des Tonfilms geschaffen, die vor allem geräuschlose Lichtquellen erforderte.

Für die Bogenlampe wird hauptsächlich der Lichtbogen mit Effektkohlen für weißes Licht verwendet. Effektbogenlampen für gelbes und rotes Licht werden als Zusatz zur Erzielung der gewünschten Lichtqualität herangezogen. Für kleinere Leuchten wird Hintereinanderstellung, für größere Winkelstellung der Kohlen bevorzugt. Im letzteren Fall wird der Bogen oft durch einen besonderen Blasmagnet nach oben gezogen, damit die Lichtausstrahlung des positiven Kraters nicht durch den Flammenbogen behindert wird. Die üblichen Stromstärken bewegen sich in den Grenzen von 40 bis 300 A. Außer der Flammenbogenlampe wird auch die Dauerbrand-Reinkohlen-Bogenlampe mit unter Luftabschluß brennendem Bogen benutzt, die ein ausgesprochen blauviolettes Licht liefert. Quecksilberbogenlampen (mit selbsttätiger Zündung) werden in der Hauptsache für Großflächenleuchten und zur Oberlichtbeleuchtung verwendet; sie werden meist zu mehreren nebeneinander in einer Leuchte untergebracht. Einer ihrer Hauptvorzüge ist die verhältnismäßig geringe Wärmeentwicklung.

Von den Glühlampen werden meist die Typen von 2000 ... 10 000 W für Filmaufnahmen verwendet. Als kleinste Einheit, besonders für Großflächenleuchten mit mehreren Lichtquellen, wird die Osram-Nitraphotlampe für 500 W benutzt. Der technische Aufbau der Glühlampen hat bei den großen Typen insofern eine Veränderung erfahren, als anstatt des sonst gebräuchlichen Schraubsockels Kabelzuführungen treten, die auch bei hohen Stromstärken eine sichere Kontaktgebung gewährleisten. Die Befestigung der Lampen in der Leuchte erfolgt hierbei durch Schellen. Während Glühlampen in der Hauptsache zur Nahbeleuchtung verwendet werden, findet die Bogenlampe überall dort Anwendung, wo die starke Ausleuchtung großer Flächen oder die Erzielung besonderer Wirkungen in Frage kommt, z. B. die Nachahmung von Sonnenlichteffekten. Für die Verwendung im Scheinwerfer ist der Lichtbogen wegen seines punktförmigen Charakters und seiner großen Leuchtdichte besonders geeignet.

Bei den Leuchten unterscheidet man drei Haupttypen: Diffusstrahler, Aufheller und Scheinwerfer. Diffusstrahler bestehen aus großflächigen Reflektoren, die eine größere Anzahl kleinerer Lichteinheiten (z. B. Quecksilberbogenlampen oder Glühlampen) enthalten. Zur Herabsetzung der Blendwirkung können besondere Streuscheiben aus Mattglas vorgesehen werden. Diese Leuchten

[1] Siemens-Z. Bd. 8, S. 245 (1928).

werden vor allem für Großaufnahmen aus nächster Nähe verwendet, bei denen eine möglichst weiche Beleuchtung ohne störende Schatten und Glanzlichter gefordert wird. Aufheller sind Scheinwerfer mit großer Streuung, bei denen der Spiegel aus einer großen Anzahl kleiner, ebener Spiegelsegmente besteht. Sie werden mit einem Durchmesser von etwa 500 ... 1000 mm sowohl für Bogen- als auch für Glühlampenbetrieb hergestellt. Sie dienen zur Allgemeinbeleuchtung der Szene. Scheinwerfer mit Parabolspiegel werden für die besonders intensive Beleuchtung einzelner Partien und zur Erzielung spezieller Beleuchtungseffekte benutzt. Dem letzteren Zweck dienen auch die Linsenscheinwerfer (Spotlight). Während die bisher erwähnten Typen in der Regel auf fahrbaren Stativen oder auf besonderen Podesten und Brücken montiert werden, dienen die über der Spielfläche aufgehängten Oberlichtlampen dazu, die Szenerie insbesondere bei sehr großen Flächen möglichst gleichmäßig zu beleuchten. Diese Oberlichtlampen können entweder Diffusstrahler oder Aufheller sein und für Bogen- oder Glühlampenbetrieb ausgerüstet werden.

Für die Verwendung bei Tonfilmaufnahmen ist vor allem absolute Geräuschlosigkeit der Lichtquelle im Betrieb notwendig. Deshalb hat sich auf diesem Gebiet die Glühlampe in den letzten Jahren durchgesetzt. Bei Bogenlampenbetrieb müssen die auftretenden Geräusche durch besondere Maßnahmen beseitigt werden; z. B. läßt sich der auch bei Gleichstrom-Bogenlampen auftretende singende Ton des Lichtbogens durch Vorschaltung einer „Geräuschdrosselspule" von 1 μH dämpfen. Die im Atelier auftretende Wärmeentwicklung (hervorgerufen durch Lampen, Vorschaltwiderstände usw.) erfordert besondere Vorkehrungen. Im Tonfilmatelier der Ufa in Neu-Babelsberg ist z. B. eine besondere Anlage zur Erzeugung kalter Frischluft eingebaut worden. Die durch einen Exhaustor angesaugte Außenluft wird vor dem Eintritt in die Aufnahmehalle durch Kammern hindurchgedrückt, in denen aus einer großen Anzahl von Düsen ein feiner Wassernebel zerstäubt wird.

Für die Stromversorgung des Filmateliers wird Gleichstrom von 110, seltener 220 V bevorzugt, weil er gefahrlosere Handhabung und bei Bogenlampenbetrieb ruhigeres Brennen des Lichtbogens gewährleistet als Wechselstrom. Bei letzterem kann auch eine störende Beeinflussung von Bildfrequenz und Stromfrequenz auftreten, wodurch unerwünschte stroboskopische Effekte hervorgerufen werden. Der Stromverbrauch bei der Filmaufnahme bewegt sich bei der meist verwendeten Spannung von 110 V in den Grenzen von 1000 bis 20 000 A. (Steppacher, Vortr. Dt. Beleuchtungstechn. Ges., März 1931.) *Frh.*

Bahnen und Fahrzeuge.

Neue Güterzuglokomotiven der New-York-Zentralbahn. — Im Zuge der bekannten Bestrebungen, das Stadtgebiet New-Yorks von der Rauchplage der Fernbahnlokomotiven zu befreien, werden nun unter anderem auf den Strecken der New-York-Zentralbahn 42 schwere von der General Electric Co. gebaute Güterzuglokomotiven in Dienst gestellt, deren Hauptangaben folgende sind:

Achsfolge	AAA/AAA
Betriebsspannung	600 V Gleichstr
Stundenleistung	2500 PS
Dauerleistung	2025 PS
Stundenzugkraft	19 000 kg
Dauerzugkraft	14 373 kg
Höchstzugkraft	30 227 kg
Geschwindigkeit bei Stundenleistung	35,2 km/h
Geschwindigkeit bei Dauerleistung	38,4 km/h
Höchstgeschwindigkeit	96 km/h.

A	575 V je Motor, Feldschwächstufe 2
B	575 V je Motor, Feldschwächstufe 1
C	575 V je Motor, volles Feld
D	287,5 V je Motor, Feldschwächstufe 2
E	287,5 V je Motor, Feldschwächstufe 1
F	287,5 V je Motor, volles Feld

Abb. 2. Lokomotivmotor-Kennlinien.

Die sechs Motoren sind für Fremdbelüftung ausgelegt und mit neuartigen Lagerschmiervorrichtungen versehen. Mittels elektropneumatischer Vielfachsteuerung können die Motoren paarweise in Reihe oder parallel geschaltet werden, so daß sich unter Zuhilfenahme von zwei Feldschwächstufen die sechs in Abb. 2 gezeigten Charakteristiken erzielen lassen. Zum Schutz der Motoren wurden auf diesen Lokomotiven Schnellschalter und abschaltbare Sicherungen eingebaut. (F. H. Brehob, Railway Age Bd. 90, S. 369.) *v. Str.*

Elektrische Antriebe.

Einrichtung zur Aufrechterhaltung der richtigen Spannung beim Ziehen von Kupferdrähten. — Wichtige Faktoren, die die Ziehgeschwindigkeiten beim Ziehen von Kupferdraht beeinflussen, sind richtige Schmierung des Drahtes, passende Matrizen für die zu leistende Arbeit und Maschinen, die sicher betrieben werden können, wenn sie mit einer hochempfindlichen Aufnahmeeinrichtung versehen sind, mit der ein konstanter Zug am Draht aufrecht erhalten werden kann, sobald sich der Haspel mit Draht

Abb. 3. Schaltungsdiagramm der Einrichtung zur Aufrechterhaltung der richtigen Spannung.

füllt. Die Empfindlichkeit eines solchen Haspelmotors kann man am besten schätzen, wenn man die Anforderungen betrachtet, die beim Ziehen eines Kupferdrahtes Nr. 42 B. & S.W.G. mit einer Geschwindigkeit von etwa 610 m/min erfüllt werden müssen. Die Bruchfestigkeit eines Drahtes von diesem Durchmesser beträgt ungefähr 170 g und der Zug zum Ziehen eines Drahtes Nr. 41 in Draht Nr. 42 ungefähr 87 g. Somit muß ein Reglersystem zum Aufwickeln eines solchen feinen Kupferdrahtes am auslaufenden Ende eine Spannung innerhalb sehr naher Grenzen halten, um einen Bruch zu verhindern.

Nimmt man nun an, daß ein konstanter Zug von 1,2 kg bei einer Auslaufgeschwindigkeit von 460 m/min

wünschenswert ist, so beträgt die zum Antrieb des Haspels erforderliche Leistung

$$\frac{1{,}2 \cdot 460}{75 \cdot 60} = 0{,}123 \text{ PS.}$$

Alle Verluste in den Zahnrädern zwischen Motor und Haspel müssen addiert werden, um die tatsächliche Leistung des Motors zu erhalten. Es muß also für konstante Stromzuführung zum Motor gesorgt werden, weil bei Schwankungen im Stromnetz sich die Umdrehungszahl des Motors ändert. Verändert sich die Umlaufgeschwindigkeit des Haspels mit zunehmender Wicklung, so verringert sich die Reibungsbelastung, da das Reibungsdrehmoment dasselbe bleibt.

Um diese Schwierigkeiten zu überwinden, hat die General Electric Co. eine Einrichtung getroffen, die aus einer frei schwebenden Scheibe besteht, deren Lage bestimmt, ob der Motor langsamer oder schneller läuft. Ein Schema der Anordnung ist in Abb. 3 dargestellt.

Wenn der Draht den letzten Block der Drahtziehmaschine verläßt, wird er unter die schwebende Rolle geführt, ehe er zum Haspel geht. Der am Draht auszuübende Zug wird durch das Gewicht der schwebenden Scheibe und die Lage des Gewichts am Zugeinstellhebel bestimmt. Somit wird konstanter Zug am Draht ausgeübt, solange die Rolle nicht gegen einen Anschlag stößt. Jede Bewegung der schwebenden Scheibe bewegt den Kern eines kleinen Solenoids auf und nieder. Die Bewegung des Kernes in demselben verändert die Selbstinduktion des Gitterstromkreises eines Thyratron-Kontrollinstrumentes, das hauptsächlich aus zwei Elektronenröhren besteht, die in ihrer Arbeitsweise sehr ähnlich den Quecksilber-Lichtbogen-Gleichrichtern sind. Sie sind so eingerichtet, daß eine Veränderung der Selbstinduktion im Gitterstromkreis sie befähigt, die Spannung ihres Nutzwertes zu erhöhen oder zu erniedrigen. In dem System befinden sich absolut keine Kontakte.

Diese Thyratron-Kontrolleinrichtung erhöht oder erniedrigt die Spannung im Anker des Haspelantriebsmotors in Übereinstimmung mit der Veränderung der Selbstinduktion des Solenoids, wodurch der Motor entsprechend langsamer oder schneller läuft. Eine Bewegung von 50 mm am Solenoidkern regelt die Geschwindigkeit des Haspels vom Stillstand zur vollen Geschwindigkeit. Hebt sich die schwebende Scheibe, so läuft der Motor schneller und umgekehrt.

Für die Aufstellung eines solchen Reglers ist es nur erforderlich, eine Drehstromquelle zu haben, die durch die beiden Thyratrons geregelt und gleichgerichtet wird und den Anker des Motors mit Gleichstrom versorgt. Es ist wünschenswert, das richtige Motorfeld mit Gleichstrom zu versorgen.

Dieses System läßt sich natürlich auch zum Aufwickeln anderer Materialien auf Haspel benutzen, so z. B. für Blattaluminium, wenn es aus dem Walzwerk kommt, da die Spannung hierbei in engen Grenzen gehalten werden muß, um ein Zerreißen zu vermeiden. (The Iron Age Bd. 126, S. 1667.) *Ill.*

Fernmeldetechnik.

Gleichzeitige Luft- und Kabelstörungen. — Als Ursache der Luftstörungen der Funktelegraphie und gewisser Störgeräusche in Fernsprechleitungen sehen wir plötzliche Zustandsänderungen des elektrischen Feldes der Luft oder des magnetischen Feldes der Erde an. In Seekabeln treten besonders im Sommer Störströme auf, die ebenfalls durch elektrische und magnetische Ausgleichvorgänge in der Natur entstanden sein könnten. Zur Klärung dieser Frage sind im August 1929 auf Borkum gelegentlich von Störpegelmessungen an einer Teilstrecke des neuen einadrigen Kabels Emden—Vigo Versuche zur Feststellung der Gleichzeitigkeit von Luft- und Kabelstörungen angestellt worden, bei denen die aus dem Kabel herrührenden Störströme und die in einer Antenne aufgenommenen Luftstörungen über geeignete Verstärkereinrichtungen mit Doppelrekorder und Zweischleifenoszillograph aufgezeichnet wurden[1]. Für den drahtlosen Empfang wurden L-förmige Luftleiter benutzt. Die drahtlose Empfangseinrichtung wurde auf die Wellen 12 000, 1400, 500 und 34 m abgestimmt. Ferner sind die Aufnahmen ohne und mit in den Luftleiter und in den Zwischenkreis eingeschalteten Dämpfungswiderständen vorgenommen worden.

[1] Die Aufnahmen sind von Dr. Haak und O. Fuchs gemacht worden.

Aus dem zahlreichen Material sind in Abb. 4 u. 5 ein Rekorderstreifen bzw. ein Oszillogramm wiedergegeben, in denen die Übereinstimmung einer Anzahl von Kabel- und Luftstörungen klar zu erkennen ist. Die schwarze dicke Linie des Oszillogramms, die Nullinie, entspricht dem Störpegel, aus dem die stärkeren Störimpulse als scharfe Spitzen emporschießen. Bei näherer Betrachtung ist zu erkennen, daß das Amplitudenverhältnis der Störzeichen wechselt. Die zusammengehörenden Störungen sind bald

1, 3 Kabel 2, 4 Antenne

Abb. 4. Rekorderaufzeichnung gleichzeitiger Luft- und Kabelstörungen.

in der Antenne, bald im Kabel stärker. Auf diese Unterschiede der beiden Aufnahmen — nicht völlige Übereinstimmung aller Störzeichen und wechselndes Amplitudenverhältnis — ist besonders hinzuweisen, zur Entkräftung des Einwandes, daß sich die beiden Empfangsanordnungen gegenseitig hätten beeinflussen können. Hinsichtlich der Zahl der Störungen war ein Unterschied in den Aufnahmen der nicht gedämpften und der stark gedämpften drahtlosen Empfangsanordnung nicht feststellbar.

Kabel

Antenne λ = 12000 m, wenig gedämpft.

Abb. 5. Oszillogramm gleichzeitiger Luft- und Kabelstörungen.

Gelegentlich von Störpegelmessungen an dem im Jahre 1926 verlegten Permalloykabel Emden—Azoren wurden die Störströme dieses Kabels und die eines Kabels älterer Bauart Emden—Vigo mit Rekorder und Oszillogramm aufgenommen[1] und eine Übereinstimmung der Störimpulse in den beiden Kabeln festgestellt. Da die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der elektrischen Ströme in den beiden Kabeln verschieden groß ist, konnte aus der Verschiebung der aufgenommenen Störzeichen gegeneinander berechnet werden, daß die gleichzeitigen Störungen in einer Entfernung von 200 km vom Beobachtungsort (Borkum) in die Kabeln eingedrungen sein mußten. Wie nachträglich festgestellt worden ist, ist während der Zeit der Versuche an der holländischen Küste, an der die Kabel verlaufen, ein sehr schweres Gewitter niedergegangen. Es ist hiernach anzunehmen, daß die Störungen durch die Blitze verursacht worden sind.

Aus der zeitlichen Übereinstimmung einer Anzahl von Störungen ist zu schließen, daß die Störimpulse aus derselben Störquelle herrühren müssen. Vermutlich sind auch die Störimpulse in den Kabeln, denen gleichzeitige Störzeichen in der Antenne nicht entsprechen, allgemein auf die gleichen Ursachen wie die Störungen der drahtlosen Telegraphie zurückzuführen. Die Untersuchungen zeigen weiter, daß die Störungen nicht nur aus der nächsten Umgebung des Versuchsortes herrühren, sondern aus größeren Entfernungen herangetragen werden. Die Feststellung von der Gleichzeitigkeit von Luft- und Kabelstörungen und ihrer gleichen Ursache dürfte zur Erklärung von Schwierigkeiten im Seekabelbetrieb beitragen. (M. Bäumler, El. Nachr. Techn. Bd. 7, S. 325.) *Sb.*

Physik und theoretische Elektrotechnik.

Dynamisches Verhalten des Lichtbogens nach Untersuchung mit dem Kathodenoszillographen. — Durch oszillographische Funkenuntersuchungen mit Wanderwellenfrequenzen wird gezeigt, daß der Schaltfunken bereits 10^{-6} s nach dem Durchschlag die normalen Lichtbogen-

[1] Messungen von Dr. Salinger.

eigenschaften entwickelt, wobei zunächst noch die Bogenspannung etwa um das Doppelte höher liegt als beim statischen Lichtbogen. Abreißen und Neuzünden des Schaltfunkens erfolgen innerhalb von zehnmillionstel Sekunden. Beim Lauf über eine Funkenstrecke erhält die abgeflachte Wanderwelle von neuem eine steile Front. Durch Bestrahlung der Luftfunkenstrecke werden die Zündspitzen geringer, während unter Öl der Funken noch steilere Fronten entwickelt. (H. Klemperer, Arch. El. Bd. 25, H. 1, S. 73.)

Konstruktion der Feldlinien eines linearen Leiters im homogenen Felde. — Die Gleichung der Feldlinien in Polarkoordinaten wird abgeleitet und aus dieser Gleichung ein graphisches Verfahren ermittelt, nach dem aus einer vorhandenen Feldlinie eine Schar anderer durch Variation einer Konstanten gefunden wird. Für die Konstruktion der zum Ausgang genommenen Linie ergibt die Diskussion wichtige spezielle Werte, wie z. B. den Radiusvektor im Wendepunkt. (H. Kind, Helios Bd. 37, S. 89.) *Rdm.*

Werkstatt und Baustoffe.

Legierungen mit hoher Permeabilität. — Nach eingehender Betrachtung der hohen an das magnetische Metall der Telephontransformatoren gestellten Anforderungen werden die verschiedenen Permeabilitätsbegriffe klar definiert und die wesentlichen Eigenschaften aller ferromagnetischen Metalle und Legierungen besprochen. Die Eisen-Nickel-Legierungen werden als wichtigste Gruppe besonders eingehend behandelt. Maximalinduktion, Leitfähigkeit und Hysteresisverluste von Permalloy A und B werden mit den entsprechenden Größen für Weicheisen sowie für Siliziumstahl mit 2 und 3,5 % Silizium verglichen. Die Herstellung der Nickel-Eisen-Legierungen sowie ihre Wärmebehandlung bei Vergütung wird genau beschrieben und ihre Verwendung für Unterseekabel, Ultrarapid-Relais, Meßgeräte und Telephontransformatoren erläutert. Zwei typische Beispiele der zahlenmäßigen Berechnung von Niederfrequenz-Transformatoren veranschaulichen die Überlegenheit der Legierungen mit hoher Permeabilität gegenüber den normalen Konstruktionswerkstoffen und beschließen die übersichtliche, die Erfahrungen der letzten Jahre klar zusammenfassende Arbeit. (M. Chauchat, Bull. Soc. Franç. des El. Bd. 9, S. 1091.) *Krz.*

Verschiedenes.

Sicherheitschaltung System Frensdorff-Deschimag. — Die in den letzten Jahren stattgehabte Entwicklung der elektrischen Ausrüstung auf Handelschiffen hat die bedeutende Erweiterung der elektrischen Zentralen auf Motorfrachtschiffen und neuzeitlichen Fahrgastschiffen bedingt und mit der Vergrößerung der elektrischen Kraftwerke auch die Vergrößerung der Schaltanlagen[1]. Die bisher angewandte Wahlschaltung, welche wohl noch für kleinere Kraftwerke genügt, kann die Forderung der Sicherheit, Wirtschaftlichkeit und günstigsten Belastungsverteilung für größere Anlagen in dem gewünschten Maße nicht mehr erfüllen. Auch hinsichtlich der Raumfrage stößt die bisher übliche Wahlschaltung auf Schwierigkeiten. Aus Gründen der Sicherheit, der Wirtschaftlichkeit und der Platzfrage muß man zur Parallelschaltung der Generatoren übergehen. Fällt beim Parallelbetrieb infolge irgendeiner Störung ein Generator elektrisch oder mechanisch aus, so werden die übrigen Generatoren durch ihr Sicherheitsorgan abgeschaltet. Die Stromversorgung des Schiffes fällt dann aus. Eine solche Schaltung ist mit Rücksicht auf die Sicherheit des Schiffes unbrauchbar, denn der Ausfall der wichtigen Navigationsorgane, Kommandoanlagen, Ruderanlage, wichtigen Pumpen usw. bringt das Schiff, besonders bei Fahrten im engeren Revier, unfehlbar zur Havarie.

Abb. 6. Schema der Sicherheitschaltung.

Um die Versorgung der für den Schiffsbetrieb wichtigen Stromverbraucher für alle Fälle unbedingt sicherzustellen, habe ich eine Sicherheitschaltung entwickelt, welche die Stromversorgung der wichtigen Verbraucher gewährleistet, ohne komplizierte Organe zu benutzen, die an sich wieder eine Unsicherheit in sich bergen würden. Die wichtigen Verbraucher werden an Sicherheits-Sammelschienen gelegt, während die unwichtigen Verbraucher, deren vorübergehender Ausfall die Sicherheit des Schiffes nicht gefährdet, von den Parallelschaltungs-Sammelschienen gespeist werden. Die Sicherheits-Sammelschienen, die in Abb. 6 mit *I, II, III* und — bezeichnet sind, werden von den Generatorselbstschaltern *a, b, c* nicht beeinflußt und bleiben in Betrieb, auch wenn durch Überlastung der Generatoren die Selbstschalter abschalten.

Abb. 7. Prinzipschaltbild des Schnelldampfers „Bremen".

Das Wesentliche der Sicherheitschaltung besteht also darin, daß die Überstromauslösung der Generatorselbstschalter wohl von der Gesamtbelastung der Maschinen beeinflußt wird, daß jedoch beim Auslösen der Selbstschalter die Generatoren nur von den Parallelschaltungs-Sammelschienen, an denen die unwichtigen Verbraucher hängen, abgetrennt werden, während die von den Sicherheits-Sammelschienen gespeisten wichtigen Verbraucher weiter in Betrieb bleiben. Sollte eine Störung dadurch entstehen, daß eine der Generator-Antriebsmaschinen unbeabsichtigterweise stehen bleibt, so werden die an dem betreffenden Generator liegenden wichtigen Stromkreise durch Umlegen des Wahlschalters auf einen noch in Betrieb befindlichen Generator geschaltet.

Ich unterscheide noch zwischen wichtigen und wichtigsten Stromverbrauchern. Als wichtigste Stromverbraucher

[1] Vgl. a. ETZ 1930, S. 761 u. 800. — D. S.

bezeichne ich solche, die auch nicht nur kurzzeitig ausfallen dürfen, wenn irgendein Generator spannungslos wird, sei es durch elektrische oder mechanische Störung. Unter den wichtigen Verbrauchern verstehe ich solche, die bei elektrischer Störung infolge Versagens der Parallelschaltung in Betrieb bleiben sollen, die aber kurzzeitig bei mechanischen Störungen ausfallen dürfen. Dieses kurzzeitige Ausfallen beschränkt sich nur auf die Zeit, die erforderlich ist, um die betreffenden Wahlschalter von Hand auf eine andere Sammelschiene zu legen.

Für die Sicherheit der wichtigsten Stromverbraucher ist in folgender Weise gesorgt: Aus Abb. 6 geht hervor, daß die Sammelschienen *C* und *D* über die Spannungsrückgangs-Umschalter *A* und *B* und die Wahlschalter von den Sicherheits-Sammelschienen gespeist werden. Im gezeichneten Zustand ist Maschine *I* außer Betrieb und steht in Reserve, Maschine *II* ist in Betrieb, und Maschine *III* ist gerade ausgefallen, weil die Antriebsmaschine stehen geblieben ist. Die Sicherheits-Sammelschine *III* ist also spannungslos geworden, infolgedessen wird der Spannungsrückgangs-Umschalter *B*, welcher in Abb. 6 noch auf Maschine *III* geschaltet ist, schon bei Spannungsrückgang des Generators *III* die Sammelschiene *D* auf die Sicherheits-Sammelschiene *II* umschalten. Auf diese Weise ist dafür gesorgt, daß die wichtigsten Verbraucher, welche an der Sammelschiene *D* hängen, selbsttätig auf die unter Spannung stehende Sicherheits-Sammelschiene *II* geschaltet werden. Für Sammelschiene *C* gilt das gleiche. Wenn der Generator *II* jetzt überlastet sein sollte, so wird der Selbstschalter *b* auslösen und damit die unwichtigen Verbraucher abschalten. Man hat also nur dafür zu sorgen, daß die Wahlschalter der Spannungsumschalter *A* und *B* auf zwei verschiedene in Betrieb befindliche Generatoren gelegt sind.

Um dem Bedienungspersonal ein schnelles Schalten zu ermöglichen, werden die unter Spannung stehenden Generatoren auf der Sicherheits-Schalttafel unmittelbar neben den Wahlschaltern durch besondere Kontrollampen kenntlich gemacht, so daß der Bedienende sofort sehen kann, welche Wahlschalter er einschalten muß, um diejenigen Verbraucher, die im Notfalle kurzzeitig ausfallen dürfen, wieder in Betrieb zu nehmen. Es muß besonders darauf hingewiesen werden, daß die Wahlschalter nur dann betätigt zu werden brauchen, wenn Stromverbraucher durch mechanischen Ausfall bzw. Spannungsloswerden der zugehörigen Sicherheits-Sammelschiene ausfallen. Beim elektrischen Versagen der Parallelschaltung bleiben ja die Sicherheits-Sammelschienen trotz Ausfallens der Maschinenselbstschalter unter Spannung. Eine mit den Selbstschaltern in Verbindung stehende Kontrolltafel mit Glocken- und Lampensignal sorgt dafür, daß das Personal auf selbsttätige Schaltvorgänge aufmerksam gemacht wird.

Es ist zu beachten, daß dieser Sicherheitsschaltung ein besonders hoher Grad der Sicherheit zuzusprechen ist, weil sie die selbsttätige Abschaltung der unwichtigen Stromverbraucher unmittelbar durch die eintretende Störung selbst bewirkt, so daß ein Versagen der Sicherheitsschaltung als ausgeschlossen zu betrachten ist.

Auf dem Schnelldampfer „Bremen" ist diese Sicherheitsschaltung erstmalig in größerem Umfang angewandt worden; Abb. 7 zeigt das Prinzipschaltbild der Anlage. Vor den Klemmen der Überstrom- und Rückstromschalter sind die Verbindungsleitungen zu den Sammelschienen der Sicherheitsschaltung (Gruppen-Wahlschalttafel) in der Weise abgezweigt, daß der Gesamtmaschinenstrom die Hauptstromspulen der Selbstschalter durchfließt. Von der Parallelschaltungs-Sammelschiene der Maschinentafel führt eine Kupferschiene nach der Hauptverteilungstafel, an welche die unwichtigen Stromkreise angeschlossen sind. Sämtliche wichtigen Stromkreise sind über blockierte Vierfach-Gruppenwahlschalter unmittelbar an die Sicherheits-Sammelschienen angeschlossen. Sämtliche äußerst wichtigen Stromkreise sind mittelbar, u. zw. über einen Nullspannungs-Umschalter und zwei Gruppen dazugehöriger blockierter Vierfach-Gruppenwahlschalter an die Sicherheits-Sammelschienen angeschlossen.

Die Schaltung ist also derart ausgebildet, daß beim Ausfallen eines Dieselmotors mittels des erwähnten Nullspannungs-Umschalters diese Stromkreise selbsttätig auf die andere noch in Betrieb befindliche Maschine geschaltet werden. Es ist nur darauf zu achten, daß die blockierten Vierfach-Gruppenwahlschalter auf zwei verschiedene in Betrieb befindliche Maschinen geschaltet sind. Bei den Gruppenwahlschaltern sind Meldelampen *I*, *II*, *III* und *IV* angeordnet; es leuchten jeweils die Meldelampen, deren zugehörige Sammelschienen unter Spannung stehen, so daß die richtige Wahl der Umschaltung von Hand sichergestellt ist. Verschiedene Hilfskontakte stehen mit einer Meldetafel (in Abb. 7 nicht dargestellt) in Verbindung, deren Leuchtschilder jeden selbsttätigen Schaltvorgang in Leuchtschrift erscheinen lassen.

In Verbindung mit der Sicherheitschaltung ist bei dieser Anlage noch eine besondere Sicherung des Betriebes der Kommandoanlagen getroffen. Im Falle des Versagens sämtlicher 4 Generatoren würden die Kommandoumformer ausfallen. In diesem Falle schaltet der Notumformer selbsttätig auf Batterie. W. Frensdorff.

Energiewirtschaft.

Die deutsche Elektrizitätswirtschaft 1925 bis 1930. — In Wirtsch. u. Stat.[1] berichtet das Statistische Reichsamt über die Stromerzeugung und den Stromverbrauch Deutschlands in den Jahren 1925 bis 1930; die dem folgenden Auszug bei

[1] Bd. 11, S. 342 (1931).

Abb. 8.

Abb. 9.

gegebenen beiden Abbildungen sind jenem Aufsatz entnommen.

Nach den bisher vorliegenden Ergebnissen des Jahres 1930 kann man annehmen, daß als Folge der wirtschaftlichen Depression die Stromerzeugung um etwa 1,5 Mrd kWh niedriger war als im vorhergehenden Jahr (30,6 Mrd kWh). Bereits seit 1928 verringerte sich die Zunahme alljährlich; betrug die Mehrerzeugung gegenüber dem Vorjahr 1927 noch 18,5 %, so sank sie 1928 auf 10,9 % und 1929 auf 10 %. Während die fortschreitende Elektrisierung von Altwohnungen und Neubauwohnungen, insbesondere aber die zunehmende Verwendung elektrischer Haushaltungsgeräte jeder Art eine Steigerung des Stromverbrauchs zur Folge hatte und somit bei den öffentlichen Elektrizitätswerken ein gewisser Ausgleich für den nachlassenden industriellen Bedarf herbeigeführt wurde, nahm die Mehrerzeugung gegenüber dem Vorjahr namentlich bei den gewerblichen Eigenanlagen stark ab. Sie betrug 1927 noch 16,4 % (bei den öffentlichen Werken 20,7 %), 1929 dagegen nur 4 % (bzw. 15,9 %).

Nach der amtlichen Statistik betrug die arbeitstägliche Stromerzeugung von 122 Elektrizitätswerken im Monatsdurchschnitt:

Jahr	Mill kWh	gegen die gleiche Zeit des Vorjahres %	Jahr	Mill kWh	gegen die gleiche Zeit des Vorjahres %
1927	40,4	+ 19,2	1930 1. Viertelj.	57,6	+ 7,3
1928	47,0	+ 16,3	„ 2. „	50,8	- 2,3
1929 1. Halbj.	52,9	+ 18,9	„ 3. „	48,8	- 9,0
„ 2. „	58,0	+ 16,9	„ 4. „	55,5	11,1

Die im Lauf des Krisenjahres 1930 eingetretene wirtschaftliche Verschlechterung kommt also in der Gesamterzeugung dieser Werke klar zum Ausdruck. Noch stärker ist der Rückgang der arbeitstäglichen Stromabgabe je 1 kW Anschlußwert an gewerbliche Verbraucher von 103 Elektrizitätswerken, wie Abb. 8 und die folgende Übersicht (Monatsdurchschnitt) erkennen lassen:

Jahr	kWh	gegen die gleiche Zeit des Vorjahres %	Jahr	kWh	gegen die gleiche Zeit des Vorjahres %
1927	4,22	+ 15,7	1930 1. Viertelj.	4,55	— 5,2
1928	4,49	+ 6,4	„ 2. „	4,25	— 10,9
1929 1. Halbj.	4,79	+ 7,3	„ 3. „	4,00	— 15,8
„ 2. „	4,78	+ 5,0	„ 4. „	4,10	— 14,9

Die Steigerung des Anschlußwertes der von 103 Werken unmittelbar belieferten gewerblichen Stromabnehmer von 3,1 Mill kW im Jahr 1925 auf 4,6 Mill kW zu Beginn von 1930, also um rd. 50 %, spiegelt die zunehmende Elektrisierung der deutschen Industrie wider. Im Lauf des Jahres 1930 jedoch ist der Anschlußwert, wohl hauptsächlich infolge der Stillegung von Betrieben, etwas gesunken.

Abb. 9 zeigt die Entwicklung der arbeitstäglichen Stromerzeugung im Reich und in den Hauptkraftbezirken 1925 bis 1930. Die Kurven lassen für das Reich, Mitteldeutschland und Rheinland-Westfalen in ihrem Gesamtverlauf und in den jahreszeitlichen Schwankungen bis 1929 eine ziemlich gleichmäßige Aufwärtsbewegung erkennen. Ein Vergleich der Stromgewinnungskurven von Mitteldeutschland und Rheinland-Westfalen zeigt jedoch, daß seit 1926 bis 1929 die Entwicklungstendenz des erstgenannten Gebiets, in dem die Elektrizität fast ausschließlich aus Braunkohle gewonnen wird, stärker war. Während die Stromerzeugung in diesen Bezirken in den Sommermonaten wesentlich niedriger ist als im Winter, hat die Ausnutzung der Wasserkräfte Süddeutschlands dort umgekehrt eine erhöhte Produktion im Sommer zur Folge. *Al.*

VEREINSNACHRICHTEN.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

Neu erschienene VDE-Sonderdrucke.

Folgende VDE-Vorschriften-Sonderdrucke sind neu erschienen:

VDE 488 Leitsätze für Schutzmaßnahmen in Starkstromanlagen mit Betriebspannungen unter 1000 V L. E. S. 1./1932
„ 489 Bericht über die Tätigkeit des Verbandes seit der letzten mit den Vollmachten einer Jahresversammlung ausgestatteten Ausschußsitzung in Berlin, 1930/31
„ 490 Leitsätze für die Bekämpfung von Bränden in elektrischen Anlagen und in deren Nähe
„ 491 Vorschriften und Regeln für die Errichtung elektrischer Fernmeldeanlagen V. E. F./1932
„ 492 Vorschriften nebst Ausführungsregeln für elektrische Bahnen V. E. B./1932
„ 493 Leitsätze für die Berücksichtigung elektrischer Anlagen bei der Ausführung von Bauten
„ 496 Vorschriften für Geräteschalter
„ 497 Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen V. I. L./1931
„ 498 Vorschriften für umhüllte Leitungen
„ 499 Vorschriften für Geräte mit Kleinstmotoren V. G. K. M./1933
„ 500 Vorschriften für elektromedizinische Netzanschlußgeräte zur Galvanisation, Faradisation, Sinusstrombehandlung, Glühkaustik und Endoskopie V. E. Med./1933
„ 501 Vorschriften für zweipolige Gerätesteckdosen 10 A 250 V mit Schutzkontakt
„ 502 Vorschriften für elektrische Beleuchtungskörper für Nennspannungen bis 250 V
„ 503 Leitsätze für ruhende elektrische Kondensatoren in Starkstromanlagen
„ 506 Leitsätze für Temperaturbegrenzer und Temperaturregler
„ 507 Leitsätze für die Bestimmung der Glutfestigkeit von Isolierstoffen
„ 508 Übersicht über die Beschlüsse der XXXV. Jahresversammlung in Frankfurt a. M. 1931
„ 509 Leitsätze zur Prüfung von gewickelten Hartpapierrohren mit kreisförmigem Querschnitt (Rundrohre)
„ 510 Leitsätze zur Prüfung von Hartpapierplatten.

Die Sonderdrucke können vom VDE, Abt. Verlag, Berlin W 57, Potsdamer Straße 68, bezogen werden.

Neu erschienene DIN VDE-Normblätter.

Folgende DIN VDE-Normblätter sind neu erschienen:

Elektrische Bahnen.

DIN VDE 3302 Fahrschalter für Straßenbahnen, Umschalthebel (September 1931)
„ „ 3310 Bl. 1. Führerschalter für elektrische Lokomotiven; Handrad für senkrechte Anordnung der Antriebswelle; Zusammenstellung (September 1931)
Bl. 2. — Einzelteile (September 1931)
„ „ 3311 Führerschalter für elektrische Lokomotiven; Fahrstufen-Markenring (September 1931)
„ „ 3312 — Zeiger (September 1931)
„ „ 3313 — Umschalthebel (September 1931).

Kabelzubehörteile.

DIN VDE 7630 Hausanschlußmuffen für Mehrleiterkabel bis 185 mm² Leiterquerschnitt, Spannungen bis 1 kV (Mai 1931, 2. Ausgabe).

Alle Anfragen bezüglich Lieferung und Versand der Normblätter sind an die Beuth-Verlag G. m. b. H., Berlin S 14, Dresdener Straße 97, zu richten. Lieferung von VDE-Sonderdrucken durch den VDE, wie oben angegeben.

Verband Deutscher Elektrotechniker.

Der Generalsekretär:

P. Schirp.

AEF

Ausschuß für Einheiten und Formelgrößen.

Geschäftsstelle: Elektrotechnischer Verein, Berlin W 35, Potsdamer Straße 118a II.

Bezug der Fortdrucke des AEF.

Es ist häufig darüber geklagt worden, daß es sehr umständlich sei, die in der ETZ verstreuten Veröffentlichungen des AEF zu verfolgen. Es soll daher in Zukunft die Möglichkeit gegeben werden, „Fortdrucke" (verbilligte Sonderdrucke) der Veröffentlichungen unentgeltlich zu beziehen. Wer an dieser Einrichtung teilnehmen will, gebe der Geschäftsstelle Nachricht. Er erhält dann ohne weiteren Schriftwechsel Fortdrucke sämtlicher neu erscheinenden Veröffentlichungen.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

E. O. Zwietusch †.

Eduard Otto Zwietusch, Generaldirektor der C. Lorenz Aktiengesellschaft, Berlin-Tempelhof, ist am 8. VIII. 1931 durch ein schweres Kraftwagenunglück aus seinem arbeitsreichen Leben geschieden.

Zwietusch, als Sohn deutscher Eltern am 20. I. 1866 in Milwaukee in Amerika geboren, absolvierte die Universitäten in Madison und Wisconsin. Bei der Western Electric Co., Chicago, erhielt er eine gründliche praktische Ausbildung in der damals noch ganz jungen Fernsprechtechnik. Gereift durch praktische Erfahrung ging er im Jahre 1888 nach Berlin. Hier gründete er die Telephon-Apparate-Fabrik (spätere Telephon-Apparat-Fabrik E. Zwietusch & Co.), Charlottenburg. Durch seine Arbeitskraft, seine glänzende Begabung auf dem Gebiet der Technik und der Fabrikation gelang es ihm, das Unternehmen in kurzer Zeit aus bescheidenen Anfängen zu hoher Blüte zu bringen. Er entwickelte in Verbindung mit der Reichspost auf dem Gebiete des Fernsprechwesens wertvolle Neuerungen, die in rascher Folge dann von der Reichspost in Deutschland eingeführt wurden. Aus Liebe zu seiner neuen Heimat erwarb er 1904 die deutsche Staatsbürgerschaft.

E. O. Zwietusch †.

Bis zum Jahre 1921 leitete Zwietusch das Unternehmen am Salzufer, vertrat dann als Vertrauensmann die Interessen der Western Electric Co. bzw. International Standard Electric Corporation, wirkte als Generaldirektor der Vereinigten Telephon- und Telegraphenfabriks-A.G. Czeija, Niss & Co., Wien, und übernahm Anfang 1930 die Leitung der Telephonfabrik Berliner AG. in Berlin-Steglitz. Anfang dieses Jahres wurde er als Generaldirektor mit der Führung der Geschäfte der C. Lorenz AG. betraut, wo er die schwierige Aufgabe zu lösen hatte, das Lorenzsche Weltunternehmen bei völlig veränderten wirtschaftlichen Verhältnissen umzugestalten. Darüber hinaus hat er aber auch in vielen Verbänden, u. a. als Vorstandsmitglied des Zentralverbandes der deutschen elektrotechnischen Industrie, und des Verbandes deutscher Schwachstromindustrieller mit an erster Stelle an dem mühsamen Wiederaufbau und an der Weiterentwicklung der elektrotechnischen Industrie auf das tätigste mitgearbeitet.

An allen Stätten, die seiner Leitung anvertraut wurden, erregte seine überragende Führereigenschaft sowie sein großes Wissen auf dem gesamten Gebiet der Fernmeldetechnik und seine treffende Beurteilung patenttechnischer Fragen die Bewunderung aller, die mit ihm zusammen arbeiten durften; die Zügel in der Leitung seiner Gesellschaften behielt er stets selbst in der Hand. Seiner Erfindergabe, seinen Anregungen in der Entwicklung und Herstellung technischer Neuerungen verdanken die Lorenz-Werke und die übrigen Gesellschaften, die er führte, mannigfaltige Schöpfungen. Unermüdlich hat er sich bis zum letzten Tage diesen seinen Lieblingsaufgaben voll und ganz gewidmet. Er war ein Mann des Gedankens und der Tat, der nicht viele Worte liebte. Sein vornehmes, schlichtes und gütiges Wesen, seine rücksichtsvolle Art gegen jedermann, seine Bereitschaft, jederzeit zu helfen, wo er konnte, sicherten ihm die Liebe, Verehrung und das Vertrauen aller seiner Mitarbeiter, vom ersten bis zum letzten.

Hochschulnachrichten. — Herr Franz Hartig, Ober-ing. der AG. Peiner Walzwerk in Peine und Privatdozent für Elektrotechnik an der T. H. Braunschweig, wurde zum außerordentlichen Professor ernannt.

LITERATUR.

Besprechungen.

Der Erdschluß und seine Bekämpfung. Von Dr.-Ing. G. Oberdorfer. Mit 115 Textabb. u. 2 Taf., VI u. 165 S. in 8°. Verlag Julius Springer, Wien 1930. Preis kart. 12,50 RM.

Zur Lösung der bei Erdschlußvorgängen auftretenden Probleme wird die von Fortescue begründete Methode des Rechnens mit symmetrischen Komponenten benutzt. Der erste Teil des Buches bringt eine prinzipielle Behandlung der Erdschlußvorgänge und die formelmäßige Lösung für eine mit allen Eigenschaften, wie Impedanz, Sternpunktimpedanz und Kapazität, behaftete Leitung. Bei dieser Gelegenheit wird die für das schnelle Verständnis von Fehlerzuständen, hier des Erdschlußzustandes, recht bequeme Methode der Überlagerung einer Fehlerspannung an der Fehlerstelle über das gesund gedachte System gestreift. Es hätte eines viel stärkeren Hinweises auf die Möglichkeiten dieses Rechensystems für die leichte Übersicht von Erdschlußvorgängen bedurft und in Parallele mit den Rechenergebnissen mit Hilfe der symmetrischen Komponenten denjenigen Lesern, denen das Studium dieser Rechenmethode aus Zeitmangel nicht möglich ist, vieles verständlich gemacht werden können, was ihnen in der durchgeführten Behandlungsweise verschlossen bleiben wird. Der Betriebsmann, an den sich das Buch wenden will, hat in den meisten Betrieben, die sich besondere Betriebstheoretiker nicht halten können, kaum die Zeit, sich in eine doch recht viel Übung erfordernde Methode, wie die vorliegend benutzte, hineinzuarbeiten. Es ist an sich dankenswert, daß der Verfasser diese, viele Möglichkeiten bietende Rechnungsart populär machen will, und der Zweck des Buches wird in vielen Fällen erreicht sein, wenn dadurch vielseitige Anregungen zur Beschäftigung mit dieser Rechenmethode gegeben werden.

Für ein Drehstromnetz wird unter Annahme eines Erdungswiderstandes durch Lichtbogen ganz allgemein der Erdschlußstrom in Abhängigkeit von Entfernungen, Erdungswiderstand, Sternpunktimpedanz formelmäßig entwickelt und nachgewiesen, daß die Größe des Erdschlußstromes von der Erdschlußentfernung bei den jetzt üblichen Leitungslängen praktisch unabhängig ist. Die Wirkung der Sternpunktimpedanz auf die Größe des Erdschlußstromes findet hier Erwähnung, ausführlich wird sie im Kapitel über Erdschlußlöscher behandelt. In Kap. 18 befindet sich die Bemerkung, daß die Impedanz der Erdstrombahn für die Gefahrenbeurteilung in Frage kommt. Das kann zu Irrtümern insofern Anlaß geben, als Gefahren für Lebewesen nur in unmittelbarer Umgebung der Erdschlußstelle entstehen können, nicht aber auf der Erdschlußbahn etwa im Zuge der Leitung. Die Bedeutung des hier auftretenden Spannungsabfalles nach den zitierten Untersuchungen von Rüdenberg liegen auf ganz anderem Gebiete. Die gegenseitige Beeinflussung von parallel geführten Leitungen und der Weg zu deren Behebung wird gezeigt. Im zweiten Teil finden die Erdschlußlöcher eingehende Behandlung. Die verschiedenen Löschersysteme, die in 2 Hauptgruppen, die Nullpunkts- und die Polerdungslöcher zerfallen, werden erörtert, der Einfluß von Verlusten, Netzunsymmetrien, Löscherverstimmung, des Lichtbogenwiderstandes werden aus den früher gewonnenen Formeln bewertet. Auf S. 59 findet sich eine Bemerkung über die Erzeugung von Oberwellen im Erdschlußstrom, die in dem dort gegebenen Zusammenhang leicht falsch gedeutet werden kann. Die Löscher werden dort als Oberwellenerzeuger hingestellt, was nicht richtig ist und auch im Widerspruch steht mit den späteren Ausführungen auf derselben Seite.

Es folgt eine kurze Übersicht über die bei Projektierung der verschiedenen Löschertypen zu beachtenden Gesichtspunkte. Eine Unstimmigkeit findet sich auf Seite 82 und 85, die Unklarheit über die Leistung der Regeldrossel im Verhältnis zum zugehörigen Löschtransformator aufkommen läßt. Es ist übergangen worden, daß ein großer Teil der Löschleistung in die Streuung des Löschtransformators selbst hineingelegt wird und die Regeldrossel nur

ergänzend wirkt. Eingehende Behandlung der gegenseitigen Beeinflussung von Leitungen in Verbindung mit Löscheinrichtungen ist angeschlossen und die hierbei besonders wichtige Entkopplung gefordert, wo Gefahrenmomente für die parallel betriebenen Leitungen gegeben sind.

Das dritte Kapitel ist der Erdschlußanzeige und -meldung gewidmet, deren Grundzüge zum Erkennen des kranken Leiters kurz angegeben werden. Das vierte Kapitel beschäftigt sich mit der selektiven Erdschlußerfassung. Es wird das Prinzip der auf Ermittlung der Nullpunktleistung beruhenden Relais für kompensierte und unkompensierte Netze angegeben und die Ausführungsformen der verschiedenen Firmen in Bildern gezeigt. Man vermißt hier einen Hinweis auf die Leistungsdeckung der Verluste aus den verschiedenen in ein Netz speisenden Lieferstellen, was für die Beurteilung des Ansprechens von Energierichtungsrelais zur Erdschlußerfassung in gelöschten Netzen von weittragender Bedeutung ist.

Ganz kurze Erwähnung auf nur 2 Seiten findet der Doppelerdschluß. Es wäre zu wünschen, daß in einer späteren Auflage dieses besonders wichtige und immer wichtiger werdende Gebiet eine sehr viel breitere Darstellung auf Kosten der vielen Bilder von Erdschlußrelais, die in jedem Spezialwerk reichlich zu finden sind, erfahren würde. Hier würden die Vorteile des Rechnens mit symmetrischen Komponenten so recht klar in Erscheinung treten, da man mit den normalen Betrachtungsweisen in diesem Fall kaum auskommt. W. Koch.

Kosten und Entwicklungsstand der kalorischen Energieerzeugung. Von Dr.-Ing. E. Jenny. Mit 88 Abb. u. 82 S. in gr. 8°. Verlag Schweizerischer Energie-Konsumenten-Verband, Zürich 1929. Preis geh. 3,50 Fr.

Es wird in knapper Form dargelegt, welche Überlegungen bei der Projektierung einer Wärmekraftanlage anzustellen sind. Da das Buch sich speziell auf die Verhältnisse in der Schweiz bezieht, sind die Erörterungen nicht ohne weiteres auf Deutschland zu übertragen. Es ist aber trotzdem auch für uns fördernd, den klaren Gedankengängen des Verfassers zu folgen und unsere Nutzanwendungen daraus zu ziehen. Ausschlaggebend ist bei der Projektierung einer Wärmekraftanlage die Ermittlung des Preises je kWh, der sich zusammensetzt aus Anlagekosten, direkten Betriebskosten, Instandhaltungskosten und Brennstoffkosten, wobei die zu erwartende Ausnutzung der Anlage berücksichtigt werden muß. Wertvoll sind die Erfahrungszahlen, die der Verfasser teils in Tabellenform, teils in graphischer Auftragung angibt. Ein kurzer Überblick über den heutigen Entwicklungstand der verschiedenen Wärmekraftmaschinen schließt sich an. In einem Anhang sind ferner die wichtigsten schweizerischen Kraftmaschinenfabriken mit je einem Aufsatz über ihr Erzeugungsprogramm vertreten.

Das Studium der Arbeit wird leider durch eine drucktechnisch unklare Wiedergabe der Diagramme erschwert. Zinzen.

Die Theorie der Kartelle. Von Dr. rer. pol. H. Stark. Mit 20 Abb., XV u. 144 S. in 8°. Carl Heymanns Verlag, Berlin 1930. Preis geh. 10 RM.

Das mit umfassendem kritischen Bemühen und weitgehender Berücksichtigung der Literatur verfaßte Buch kann dem Kenner der Kartellmaterie interessante und wertvolle Anregungen geben. Für andere bietet es die Gefahr einer überspitzten begrifflichen Analyse, die nicht geeignet ist, das bisherige mühsam genug aufgebaute Wissen, vor allem über die praktische Bedeutung dieser Organisationen zu klären. Im einzelnen läßt sich dies im Rahmen der kurzen Anzeige nur schlagwortartig begründen. Starks neue Begriffe des Ringes und des Kartellverbandes, wobei er unter ersterem offenbar nur Gelegenheitsabkommen einem bestimmten Kunden gegenüber, also etwa die primitivsten Submissionsabreden, unter letzterem dagegen einen organisierten Rahmenverband versteht, innerhalb dessen sich dann erst die Ringe entwickeln, liefern zwar Aufschlüsse über die monopolistische Grundlage der vorhandenen Kartellarten, erscheinen indessen für den Aufbau einer Kartellsystematik, geschweige denn einer Kartelltheorie nicht geeigneter als die bisher herrschende Begriffsbildung. Hätte der Verfasser den Versuch gemacht, für die von ihm aufgestellten Typen Beispiele aus der Praxis zu geben — er hat nur ein, noch dazu außergewöhnliches Kartell angeführt —, so hätte sich seine geistig zweifellos interessante Systematik alsbald als in leider sogar grundlegenden Einzelheiten unsubstantiiert erwiesen. Ein Beispiel: Unter Konditionenverband versteht er (S. 114) einen Verband ohne Ring- (Kartell-) bildung über die Verbandszentrale, in ihm herrscht „grundsätzlich der freie Wettbewerb“ (S. 45). Dabei beruhen diese Kartelle gerade auf einer generellen Vereinheitlichung der Lieferungs- und Zahlungsbedingungen, deren Durchführung von der Verbandszentrale besonders scharf und ständig kontrolliert wird. Außerdem betont Stark (S. 113) sogar, daß auch diese Konditionenkartelle die Preise beeinflussen. Auch die Scheidung zwischen „freien“ oder „gebundenen“ Ringen (Kartellen) ist insofern unscharf, als alle Kartelle, selbst die mündlichen Gelegenheitsabkommen, gerade auf strenger Bindung — der Unterschied ist ein rein formalrechtlicher, mündliches oder schriftliches Abkommen — beruhen. Offenbar will er mit dieser Trennung einen Unterschied zwischen „Kartellverband“ und einfachem Kartell (Ring) konstruieren, wobei das Kriterium die Verbandszentrale (Geschäftsführung) als Dauerinstitution bildet. Tatsächlich ist aber ersterer Begriff synonym mit dem, was die Wissenschaft — mit Recht — als Kartell bezeichnet. Die von ihm als Ringe bezeichneten kollektiven Handlungen gegenüber einzelnen Anbietern aber bleiben lediglich instruktive — das zeigen auch die graphischen Bilder — Einzelbeispiele des praktischen Wirkens der Kartellierung. Aber trotz alledem, der Kenner der Materie wird die Schrift — und sollte es — mit großem Interesse und mit kritischem Nutzen lesen.

S. Tschierschky.

Zeitschriften

Stahl u. Eisen. Zeitschrift für das deutsche Eisenhüttenwesen. 1931, H. 27: Sonderheft zum 50jährigen Bestehen; Verlag Stahleisen m. b. H., Düsseldorf.

Zur Wiederkehr des Tages, an dem vor 50 Jahren das erste Heft der Fachzeitschrift „Stahl und Eisen“ erschien, ist eine Sondernummer dieser Zeitschrift herausgegeben worden, die an Hand des Inhalts der vorliegenden 50 Jahrgänge den Werdegang dieser weit über Deutschlands Grenzen hinaus bekannten und geachteten Zeitschrift schildert, indem ein Überblick über das in den verflossenen Jahren bearbeitete Feld gegeben wird. Eröffnet wird das Heft durch ein Geleitwort des Vorsitzenden des Vereins deutscher Eisenhüttenleute, Generaldirektors Dr. A. Vögler. Der Anzeigenteil bringt rückblickende Aufsätze über die Entwicklung der Anzeige als Werbemittel in Industrie und Handel. W. Kraska.

Eingegangene Doktordissertationen.

Hans Bittmann, Der Einfluß der Sekundäremission auf die Röhrenkennlinien. T. H. Dresden 1931. (Ann. Phys. 5. Folge, Bd. 8 (1931), H. 6.)

Hans-Joachim Eilers, Dämpfung und Entdämpfung in gekoppelten Kreisen. T. H. Dresden 1931.

Friedrich Kluge, Zur Ermittlung kritischer Drehzahlen von Kurbelwellen. T. H. Dresden 1930. [Ingenieur-Archiv Bd. 2 (1931), H. 2.]

Herbert Lehmann, Die für die Aufnahme vorgegebener Objekte günstigsten Röhrenspannungen. T. H. Dresden 1931.

Albrecht Prodehl, Untersuchungen über das Biegen gedämpften Holzes. T. H. Dresden 1931.

Joachim Walter, Untersuchungen an einer Kettenfräsmaschine. T. H. Dresden 1931.

Artur Weise, Allgemeine algebraische und graphische Berechnung von technischen Arbeitsprozessen mit Zweistoffgemischen. T. H. Dresden 1931.

Werner Hubmann, Über die Stromleitung in dünnen Glasschichten bei hohen Feldstärken. T. H. München 1930. (Ann. Phys. 5. Folge, Bd. 9, H. 6.)

Gert Jungnitz, Beitrag zur Frage des Wärmedurchganges in Oberflächen-Kondensatoren für Dampfkraftmaschinen. T. H. Berlin 1931.

Carl Georg Klein, Physiologische Bewertungsmethode für Straßen- und Verkehrsbeleuchtungs-Anlagen. T. H. Berlin 1931.

Friedrich Wilhelm Kuntze, Eindruckvorgänge in Metallen. T. H. Berlin 1931. (Erscheint auch im Sonderheft XVI der Mitt. der deutschen Materialprüfungsanstalten, Verlag Julius Springer, Berlin.)

Werner Linicus, Versuche über die Eigenschaften gezogener Drähte und den Kraftbedarf beim Drahtziehen. T. H. Berlin 1931. (Erscheint auch im Sonderheft XVI der Mitt. der deutschen Materialprüfungsanstalten, Verlag Julius Springer, Berlin.)

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Die Kapitalinvestitionen der Elektroindustrie und Elektrizitätserzeugung 1924/28. — Das Institut für Konjunkturforschung gibt in seiner von Dr. G. Keiser und Dr. B. Benning verfaßten Darstellung „Kapitalbildung und Investitionen in der deutschen Volkswirtschaft 1924 bis 1928"[1] auch eine Zusammenfassung der Investitionen einzelner Industriezweige, darunter der Elektroindustrie. Der Investitionsintensität nach steht diese unter 44 Gruppen an zwölfter Stelle. Insgesamt wurden ihre Investitionen mit 165 Mill RM veranschlagt. Nachdem die Industrie im Jahr 1924 sich noch abwartend verhalten hatte, folgte in den nächsten Jahren eine erhöhte Investitionstätigkeit, die neue Tätigkeitsgebiete erschloß und die Absatzmöglichkeiten erweiterte. Auch die umfassende Zusammenschlußtätigkeit auf dem Gebiet der Elektrizitätserzeugung und -verteilung hatte große Aufträge für die Elektrotechnik zur Folge. In derselben Richtung wirkte sich die Ausdehnung des Elektrizitätsverbrauchs aus und schließlich auch die Popularisierung des Funkwesens und des elektrischen Hausgeräts. Zunehmende Elektrisierung der Industrie und der Reichsbahn sowie der Ausbau der Untergrundbahnen trugen ebenso hierzu bei. Das Schwachstromgeschäft hat sich außerordentlich entwickelt, das Kabelgeschäft sich stark belebt. Aus dieser erhöhten Umsatztätigkeit ergab sich die notwendige Erweiterung der Produktionsanlagen und eine Um- bzw. Neugliederung der Betriebe, verbunden mit dem lebhaften Bemühen, den Produktionsvorgang durch Mechanisierung, Typisierung, Fließarbeit usw. zu rationalisieren. Die Fließarbeit wurde zuerst bei der Zählerfabrikation, der Herstellung von elektrischem Hausgerät und in der Radioindustrie eingeführt, sodann auch auf Installationsmaterialien, Kleinmotoren und Meßinstrumente erstreckt. Gegenüber diesen großen Investitionen spielen die Entwertungen von Anlagen keine wesentliche Rolle.

Dagegen wuchsen die Vorräte der elektrotechnischen Industrie in den fünf Jahren um rd. 175 Mill RM. Ihre Höhe erklärt sich z. T. daraus, daß in der genannten Summe auch „Anlagen im Bau" aus laufenden Aufträgen enthalten sind. Bei den Veränderungen der einzelnen Jahre ist bemerkenswert, daß die Lagerzunahme 1924 und 1925 mit 177 Mill RM sogar noch etwas höher als die Steigerung innerhalb des Gesamtzeitraums war. Das Depressionsjahr 1926 brachte aber einen scharfen Rückgang um 127 Mill RM, der in den beiden darauffolgenden Jahren noch nicht voll wieder aufgeholt werden konnte. Die Investitionen in Neuanlagen, die Entwertungen von Anlagen sowie die Vorratsveränderungen gestalteten sich während der Berichtsperiode in Mill RM wie folgt:

Jahr	Neuanlagen	Entwertungen von Anlagen	Vorratsveränderungen
1924	1,5	0	+ 45,6
1925	39,8	2	+ 131,2
1926	30,6	1	— 127,4
1927	48,0	4	+ 31,2
1928	44,6	7	+ 94,1
1924 bis 28	164,5	14	+ 174,7

Soweit Aktiengesellschaften (mit mehr als 1 Mill RM AK. oder Börsennotiz) getrennt untersucht wurden, hatten diese anfangs 1924 einen Anlagenbestand von 330,5 Mill RM. Die Summe der Neuanlagen 1924/28 betrug 139,0 Mill RM, d. h. 42,1 % des Anfangsbestandes, und die Summe der ausgewiesenen Abschreibungen 119,9 Mill RM. Der Vorratsbestand dieser Gesellschaften belief sich anfangs 1924 auf 327,8 Mill RM und die Vorratsvermehrung auf 124,8 Mill RM oder 38,1 %. An den Entwertungen waren sie mit 8 Mill RM beteiligt.

Für die Neuinvestitionen der Elektrizitätswirtschaft ergab die Untersuchung 2,12 Mrd RM. Ihre Verteilung verläuft anders als der allgemeine Konjunkturzyklus. Von rd. 220 Mill RM im Jahr 1924 steigen die zusätzlichen Investitionen auf 440 Mill RM in 1925 und 520 Mill RM im Depressionsjahr 1926, um im Konjunkturjahr 1927 auf 360 Mill RM zurückzugehen. Das Jahr 1928 brachte dann wieder eine große Zunahme auf rd. 580 Mill RM. Die Neuinvestitionen dienten vorwiegend einer Verstärkung der Leistungsfähigkeit, die hauptsächlich durch eine Erhöhung des gewerblichen Stromverbrauchs und auch des Elektrizitätskonsums im Haushalt bedingt wurde. Zusammen damit ging eine Konzentration der Erzeugung, die an Stelle der vielen Kleinbetriebe Großbetriebe aufbaute. Zum besseren Ausgleich der Spitzenbelastungen wurden überregionale Leitungssysteme geschaffen, Landessammelschienen und 220 kV-Überlandverbindungen. Große Aufwendungen erforderte sodann die Rationalisierung der Elektrizitätswirtschaft, Umstellung auf Drehstrom, Verbesserung der Isolation und Verringerung der Übertragungsverluste, Ersatz der noch aus dem Krieg vorhandenen Leitungen aus Stahl usw. durch Kupferleitungen bzw. neuerdings solche aus Aluminiumlegierungen sowie Verbesserung der maschinellen und Feuerungsanlagen usw. Eine Reihe von Großbetrieben hat außerdem erhebliche Mittel zum Ausbau von Hilfsbetrieben und Nebenanlagen investiert, teils zur Brennstoffbeschaffung, teils zur Absatzsicherung in Unternehmungen der Verbraucher. In einigen Großstädten wurde auch der Betrieb von Fernheizanlagen aufgenommen. Die Entwertungen hat man statistisch nicht erfaßt, dagegen hinsichtlich der Vorratsveränderungen folgende Werte in Mill RM festgestellt:

Jahr	Neuanlagen	Vorratsveränderungen
1924	219,1	+ 6,3
1925	440,7	+ 29,1
1926	519,9	— 7,4
1927	359,3	+ 6,2
1928	581,7	+ 13,1
1924 bis 28	2120,7	+ 47,3

Bei den Aktiengesellschaften ergab sich zu Beginn des Untersuchungszeitraums ein Anlagenbestand von 1374,7 Mill RM, dem von 1924 bis 1928 Neuinvestitionen in Höhe von 1560,7 Mill RM, d. h. 113,5 % des Anfangsbestandes, gegenüberstanden. Die Summe der in diesem Zeitraum ausgewiesenen Abschreibungen belief sich auf 585,3 Mill RM. Der Vorratsbestand dieser Aktiengesellschaften betrug zu Beginn des Jahres 1924 37,8 Mill RM, und die Summe ihrer Vorratsvermehrung macht mit 34,4 Mill RM 91,0 % dieses Anfangsbestandes aus.

Dr. G. Plum

Aus der Geschäftswelt. — Da es den Bayerischen Elektricitäts-Werken, München, 1930 nicht gelungen ist, durch Rationalisierung der Fabrikation und Herstellung von Spezialmaschinen bei den Selbstkosten einigermaßen entsprechenden Preisen ausreichenden Absatz für die Erzeugnisse ihrer Landshuter Fabrik zu schaffen, haben sie diese stillgelegt. Ein Teil der Patente, Maschinen und Modelle wurde von den SSW übernommen, die die Sonderkonstruktionen der Berichterstatterin in Nürnberg weiter bauen werden. Bei den Elektrizitätswerken ist der Anschlußwert um 3 % gestiegen, die nutzbare Stromabgabe aber um 2 % gesunken. Mit einigen Städten und Gemeinden wurden neue, langjährige Verträge abgeschlossen. Der Umsatz der Bau- und Installationsabteilung war schwächer. Rohgewinn und sonstige Einnahmen: 1 381 487 RM (1 396 114 i. V.), Reingewinn mit Vortrag: 275 231 RM (290 897 i. V.), Dividende wieder 6 % auf 4 Mill RM Aktienkapital.

In das Handelsregister wurden eingetragen: Städtische Betriebswerke Neisse, G. m. b. H., Neisse (0,1 Mill RM): Versorgung der Bevölkerung mit Licht, Wärme, Wasser, Kraft usw.; Batterien- und Elementefabrik Carl Kirchner, G. m. b. H., Erlangen (20 000 RM): Fabrikation von und Handel mit Batterien und Elementen für Schwachstrom und Akkumulatoren usw.; Elektro-Super-Wärme-Gesellschaft m. b. H., Berlin (20 000 RM): Herstellung elektrischer Apparate und Heizwiderstände aus Kohlenstoff oder andern geeigneten Stoffen zu Haushaltungs- und industriellen Zwecken sowie deren Vertrieb; Radioton G. m. b. H., Berlin (20 000 RM): Fabrikation und Vertrieb elektrischer, besonders radiotechnischer Apparate und von Zubehör; Elektrizitäts-Bau-Gesellschaft m. b. H. Chemnitz-Plauen, Chemnitz (0,12 Mill RM): Lieferung und Ausführung elektrischer Licht- und Kraft- sowie Kühlanlagen, Handel mit elektrischen Artikeln usw.

Bezugsquellenverzeichnis.

Die Anfragen sind an die Schriftleitung der ETZ, Berlin W 9, Linkstr. 23/24, zu richten. Anfragen ohne Rückporto bleiben unbeantwortet.

Frage 30: Welche Bochumer Fabrik stellt Meßinstrumente für Leuchtschemata her?

Abschluß des Heftes: 15. August 1931.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 16 750 Expl.

[1] Verlag von Reimar Hobbing, Berlin 1931.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

ETZ

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

Inhalt von Heft 35 der ETZ

Inhalt des neuesten Heftes des Archiv f. Elektrotechnik

35. HEFT · 52. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

(1105—1132) 27. AUGUST 1931

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

52. Jahrgang | Berlin, 27. August 1931 | Heft 35

Michael Faraday.

Am 29. August dieses Jahres wird ein Jahrhundert verflossen sein seit dem Tage, an dem Michael Faraday eine der größten wissenschaftlichen Entdeckungen machte, die Induktion elektrischer Ströme. Abb. 2 gibt die Seite seines Tagebuches wieder, auf der Faraday unter dem 29. August 1831 die Eintragung der Entdeckung der elektromagnetischen Induktion vornahm. Ihr reihte er im Laufe der nächsten zwei Jahrzehnte Entdeckung an Entdeckung, und aus allen diesen entwickelte er im Widerspruch mit den herrschenden Theorien der ganzen Welt Anschauungen, die, von dem ihm kongenialen James Clerk Maxwell geklärt und in mathematische Form gebracht, die weitesttragende Bedeutung erlangen sollten. Die Elektrotechnik schuldet Faraday besonderen Dank, deshalb ist es eine Ehrenpflicht für sie, seiner an diesem Tage zu gedenken.

Im Jahre 1820 hatte Oersteds Entdeckung, daß die Magnetnadel durch den elektrischen Strom abgelenkt wird, das größte Aufsehen erregt. Überall wurden die Versuche wiederholt. Ampère und Seebeck entdeckten noch in demselben Jahre, daß der elektrische Strom auch Eisen magnetisiert, und Faraday zeigte bereits im Jahre 1821 in sinnreich ausgedachten Apparaten die Rotation eines beweglichen Poles um einen festen Stromleiter. Während Ampère in den folgenden Jahren die zwischen stromdurchflossenen Leitern sowie die zwischen einem solchen und einem Magnetpol auftretenden Kräfte untersuchte und sein berühmtes Gesetz aufstellte, kam Faraday auf die Vermutung, daß es umgekehrt auch möglich sein müsse, Elektrizität aus Magnetismus zu erzeugen. Die Beschreibung seiner hierauf hinzielenden Versuche und die darauf aufgebauten Theorien hat Faraday in dem ersten Teil seiner „Experimentaluntersuchungen über Elektrizität" niedergelegt, die in dem Zeitraum von 1832 bis 1850 in den Philosophical Transactions erschienen[1]. Die Versuche sind nicht in der wahren zeitlichen Reihenfolge beschrieben, aber man erfährt aus ihnen, daß seine Versuche lange Zeit vergeblich waren. Er wickelt zwei voneinander isolierte Drähte übereinander auf einen Holzzylinder, schließt die eine Spule an eine Voltasche Batterie von 10 Elementen, die andere an ein Galvanometer an, kann aber nicht die mindeste Ablenkung der Galvanometernadel wahrnehmen. Er ersetzt die eine Wicklung durch eine solche aus Eisendraht, ohne Erfolg. Dann wickelt er zwei voneinander isolierte Drähte von je etwa 60 m Länge gemeinsam auf eine große Holztrommel und wendet eine Batterie von 100 Elementen an. Nun nimmt er beim Anschließen der ersten Spule an die Batterie eine plötzliche aber sehr geringe Wirkung in der einen Richtung, beim Öffnen dieser Spule eine ähnliche schwache Wirkung in entgegengesetzter Richtung auf das Galvanometer wahr. Eine dauernde Einwirkung auf die Galvanometernadel ist aber in keiner Weise festzustellen, obwohl die Batterie einen starken Strom liefert. Er vergleicht den induzierten Strom mit der „elektrischen Welle", die beim Entladen einer Leydener Flasche überspringt, und stellt die magnetisierende Wirkung der induzierten Ströme fest. Dann stellt er in derselben Schaltung wie vorher Versuche mit zwei Drähten an, die W-förmig auf einem Holzbrett befestigt sind, und findet, daß in dem zweiten Draht Ströme induziert werden, wenn er dem ersten genähert oder von ihm entfernt wird. Alle Wirkungen der induzierten Ströme werden sorgfältig untersucht.

Abb. 1. Michael Faraday.

Aber Faraday bleibt hierbei nicht stehen. Er untersucht weiter, welchen Einfluß ein Eisenkern auf diese Erscheinungen ausübt. Zunächst nimmt er einen geschlossenen Ring aus weichem Eisen, auf dem er zwei voneinander isolierte Wicklungen anbringt. Er stellt dieselben Erscheinungen, nur viel stärker als vorher fest. Wieder erhält er keine dauernde Ablenkung der Nadel. Schwächere Wirkungen erzielt er mit einem geraden offenen Eisenkern, über den konzentrisch zueinander zwei Drahtspulen geschoben sind. Ein Kupferkern hat keine stärkere Wirkung zur Folge als die Spulen allein. Er legt die Pole eines Hufeisenmagneten an die Enden des Eisenkernes in der Spule und entfernt sie wieder, er schiebt einen Magnet in die Spule und zieht ihn wieder heraus und beobachtet, wie sich die Galvanometernadel verhält. Alle diese Versuche werden auf das genaueste beschrieben.

Das Verhalten des zweiten Drahtes schiebt Faraday einem „elektrotonischen" Zustand zu, in den er durch die Nähe des stromdurchflossenen ersten Leiters oder eines in die Nähe gebrachten Magneten versetzt ist. Es ist dies wohl die erste Hindeutung auf die Bedeutung des elektromagnetischen Feldes, wenigstens faßt es Maxwell so auf, der in seiner Schrift über Faradays Kraftlinien 1855 die mathematische Theorie des elektromagnetischen Feldes unter der Überschrift „Über Faradays elektrotonischen Zustand" gibt[2].

In dem folgenden Abschnitt erklärt Faraday die Wirkung der 1824 von Arago beobachteten Erscheinung, daß eine in Umlauf versetzte horizontale Kupferscheibe eine über ihr drehbar angebrachte Magnetnadel oder einen Magnet mitzudrehen sucht und umgekehrt, daß der in Umlauf gesetzte Magnet die Scheibe mitnimmt. Es ist dies die Erscheinung, auf der die Wirkung der Kurzschlußläufer unserer Induktionsmotoren beruht. Niemand war es vor

[1] Experimentaluntersuchungen über Elektrizität. Von Michael Faraday. Herausg. v. A. J. v. Oettingen. Ostwalds Klassiker d. Exakten Wissenschaften Nr. 81, 87, 126, 128, 131, 134, 136, 140. Verl. Wilh. Engelmann, Leipzig 1896 bis 1903.

[2] Über Faradays Kraftlinien. Von James Clerk Maxwell. Herausg. v. L. Boltzmann. Ostwalds Klassiker d. Exakten Wissenschaften Nr. 69. Verl. Wilh. Engelmann, Leipzig 1895.

Faraday gelungen, die Erscheinung zu erklären. Faraday wies nach, daß elektrische Ströme, die radial unter den Polen in der Scheibe verlaufen, die Ursache der Kräfte sind. Er bringt exzentrisch zu beiden Seiten der Scheibe ungleichnamige Pole an und leitet den Strom über Bürsten — „Kollektoren" —, die er auf der Achse und dem Rand der Scheibe schleifen läßt, durch ein Galvanometer. Damit erfindet er die erste Gleichstrommaschine, u. zw. eine Unipolarmaschine. Er läßt die vertikalgestellte und einseitig durch ein Gewicht beschwerte Scheibe zwischen zwei Polen schwingen und stellt die Dämpfung durch die Ströme fest. Diese Vorrichtung findet man jetzt in Millionen von Elektrizitätszählern. Bei der Erklärung der so entstehenden Ströme benutzt er zum erstenmal die Vorstellung von den Kraftlinien, die von den Leitern geschnitten werden müssen, damit eine elektromotorische Kraft in ihnen entstehe. Er zeichnet dazu eine Messerklinge. Die so gewonnene Erkenntnis wendet er auf die Aragosche Scheibe an, die er sich durch radiale Schnitte in ein Speichenrad verwandelt denkt. Er bewegt flach gewickelte Spulen zwischen den Polen eines Magneten hindurch und gibt so das Prinzip der Wechselstrommaschinen mit Scheibenspulen an. Weiterhin zeigt er ausführlich, daß durch den Erdmagnetismus in gleicher Weise Ströme induziert werden. Er baut den ersten Erdinduktor, der in der Hand von Wilhelm Weber eins der wichtigsten Meßinstrumente werden sollte.

Aug. 29th, 1831.

1. Experiments on the production of Electricity from Magnetism, etc. etc.

2. Have had an iron ring made (soft iron), iron round and ⅞th inches thick and ring 6 inches in external diameter. Wound many coils of copper wire round, one half the coils being separated by twine and calico—there were 3 lenghts of wire each about 24 feet long and they could be connected as one length or used as separate lenghts. By trial with a trough each was insulated from the other. Will call this side of the ring A. On the other side but separated by an interval was wound wire in two pieces together amounting to about 60 feet in length, the direction being as with the former coils; this side call B.

3. Charged a battery of 10 pr. plates 4 inches square. Made the coil on B side one coil and connected its extremities by a copper wire passing to a distance and just over a magnetic needle (3 feet from iron ring). Then connected the ends of one of the pieces on A side with battery; immediately a sensible effect on needle. It oscillated and settled at last in original position. On *breaking* connection of A side with Battery, again a disturbance of the needle.

4. Made all the wires on A side one coil and sent current from battery through the whole. Effect on needle much stronger than before.

5. The effect on the needle then but a very small part of that which the wire communicating directly with the battery could produce.

Abb. 2. Seite aus dem Tagebuch von Michael Faraday; daneben der englische Text im Satz.

Alle diese Versuche, die noch in der mannigfachsten Weise abgeändert wurden, wurden im Jahre 1831, dem Geburtsjahre Maxwells, angestellt.

Durch die nun folgenden eingehenden Versuche hat Faraday nicht nur die Grundlagen der Elektrochemie geschaffen, sondern auch durch die Aufstellung seiner elektrolytischen Gesetze zuerst zur Annahme elektrischer Elementarquanten Veranlassung gegeben[3]. Er gibt das Knallgasvoltameter zur genauen Messung von Stromstärken an. Chemische Versuche lagen Faraday als langjährigem Assistenten Davys nahe; seine erste wissenschaftliche Ar-

[3] Die neuere Entwicklung von Faradays Ideen über Elektrizität. Von Herm. Helmholtz. Vortrag zu Faradays Gedächtnis, gehalten vor der Chem. Ges. zu London am 5. IV. 1881. Vorträge und Reden, Bd. 2. Verl. Friedr. Vieweg u. Sohn, Braunschweig 1884.

beit, die Herstellung des später so wichtig gewordenen Benzols, lag auf dem Gebiet der Chemie.

Wie ihm geringfügige Beobachtungen Anlaß zu gründlichen Untersuchungen und neuen Entdeckungen wurden, zeigt folgender Fall. Ein Herr Jenkin hatte ihm mitgeteilt, daß man beim Öffnen einer einfachen Voltaschen Kette keinen Schlag erhielte, wenn sie durch einen kurzen Draht geschlossen wäre, wohl aber, wenn sie durch einen um einen Elektromagnet geschlungenen Draht geschlossen wäre. Indem Faraday dieser Tatsache auf den Grund geht, findet er die Erscheinung der Selbstinduktion, die er nun genau untersucht. Er sieht sie in der Einwirkung jedes Teilchens des Stromkreises oder jeder Windung auf die benachbarten. Diese Einwirkung ist nur noch durch die Einwirkung eines Teilchens auf sich selbst zu vervollständigen.

Immer mehr festigt sich nun im Geiste Faradays die wohl zuerst aus seinen Untersuchungen über die Vorgänge bei der elektrolytischen Leitung gewonnene Überzeugung, daß die Wirkungen nicht als geradlinig wirkende Fernwirkungen aufzufassen seien, wie es die damals herrschende, auf dem Coulombschen Gesetz aufgebaute Theorie allgemein annahm, sondern daß sie sich von Teilchen zu Teilchen fortpflanzen und vielfach krummlinige Bahnen einschlagen. Wenn dies der Fall ist, so muß die Beschaffenheit des Dielektrikums einen Einfluß auf die Höhe der Ladung eines Kondensators haben. Diese Überlegung führt Faraday zu einer hochbedeutsamen Untersuchung. Als Kondensator benutzt er zwei konzentrisch ineinander befindliche voneinander isolierte metallische Hohlkugeln, die die Belegungen bilden, während der Raum zwischen ihnen nacheinander mit den verschiedensten isolierenden Stoffen ausgefüllt wird. Bei einem ganz gleich gebauten Apparat wird der Zwischenraum mit Luft ausgefüllt. Er lädt nun den mit Luft gefüllten Apparat auf ein bestimmtes Potential, während der andere völlig entladen wird. Sodann werden die Apparate nach Abtrennung der Stromquelle parallel geschaltet, so daß sich dieselbe Ladung auf beide verteilt. Dann muß das Potential auf die Hälfte sinken, wenn das Dielektrikum keine Rolle spielt; sinkt es aber um einen größeren Betrag, so muß der Apparat mit dem zu untersuchenden Dielektrikum mehr als die Hälfte der Ladung aufgenommen haben. Hieraus kann die größere Kapazität — „Verteilungsfähigkeit" — des zweiten Apparates berechnet werden. So findet Faraday, daß die verschiedenen Stoffe eine ungleich große Dielektrizitätskonstante haben, eine Tatsache, die eine Hauptstüze seiner Anschauungen wird. Der Bericht hierüber findet sich in der XI. Reihe seiner Experimentaluntersuchungen und ist im Jahre 1835 veröffentlicht. Dies bringt Faraday auf ausgedehnte Untersuchungen über die Entladungsformen der Funkenstrecken in der Luft und in Gasen. Alle Formen der Entladung: Funken, Büschel, Glimmen, dunkle Entladung werden bei verschiedenen Elektrodenformen eingehend untersucht.

Noch zwei große Entdeckungen waren Faraday beschieden, die der Drehung der Polarisationsebene des Lichtes im magnetischen Felde, die er im Jahre 1843 an einem von ihm 16 Jahre zuvor hergestellten schweren optischen Glase beobachtete, und die des Diamagnetismus. Die erste dieser beiden Entdeckungen war der erste Beweis dafür, daß enge Beziehungen zwischen dem Licht und dem Magnetismus bestehen. Natürlich wurden auch diese Erscheinungen auf das sorgfältigste von Faraday untersucht. Der Paramagnetismus und der Diamagnetismus bewiesen, daß alle Körper magnetisierbar sind.

Ich komme nun zu der Frage, was Faraday uns Elektrotechnikern bedeutet. Zunächst beruht die Wirkungsweise unserer Dynamomaschinen, unserer Transformatoren, Wechselstromzähler ganz auf der von Faraday entdeckten Tatsache der Induktion elektrischer Ströme durch den Magnetismus. Hier stehen wir ganz auf seinen Schultern. Außerdem aber haben sich seine Vorstellungen über die Vorgänge als überaus fruchtbar erwiesen. Ohne wesentliche Kenntnisse in der Mathematik ist er ein Pfadfinder auf dem Gebiete der Theorie gewesen. Für die Berechnung der elektromotorischen Kräfte in den Maschinen und Transformatoren leistet seine Kraftlinientheorie unschätzbare Dienste. Um dies zu erkennen, wollen wir in dem früher sehr verbreiteten Buche von Schellen, „Die magnet- und dynamoelektrischen Maschinen", das 1884 in dritter Auflage erschienen ist, zusehen, wie das Zustandekommen der elektromotorischen Kraft im Grammeschen Ringe erklärt wird. Nach Ampère besteht der Magnetismus in der Gleichrichtung der Achsen der die Molekeln umkreisenden Ströme. Ihre Wirkung kann man durch die von Randströmen herrührenden Wirkungen ersetzen. Wird daher eine Windung gegen den Magnet bewegt, so werden in ihr Ströme induziert, weil sie sich einem Teil der Windungen des Solenoids nähert und sich von dem anderen Teile entfernt. Diese Theorie wird nun der 18 Seiten langen Betrachtung zugrunde gelegt. Zunächst wird nur die Wirkung des Ankereisenkernes betrachtet, der in der Mitte unter den Polen aufgeschnitten und stillstehend gedacht ist. Nachdem die beiden Hälften durch Solenoide ersetzt worden sind, wird ihre Wirkung auf eine über sie weggeschobene Spule — ein Element der Ankerwicklung — in allen vier Quadranten untersucht. Dann wird ausgeführt, wie sich die elektromotorischen Kräfte und die Ströme bei einer den ganzen Ring bedeckenden Wicklung addieren. Nun kommt der zweite Teil, nämlich die Einwirkung der festen Pole auf ein umlaufendes Wicklungselement, wobei aber infolge der vorgenommenen Vereinfachungen ein unrichtiges Ergebnis zustande kommt. Von einer Berechnung der Größe der induzierten elektromotorischen Kraft ist nicht die Rede, es ist auch gar nicht abzusehen, wie sie auf Grund dieser Betrachtungsweise ausgeführt werden könnte. Man müßte schwierige Integrationen vornehmen, denen selbst ein geübter Mathematiker kaum gewachsen sein dürfte.

Am Schluß dieses Abschnittes bringt Schellen auch mehrere Abbildungen, die zeigen, welche Richtung der Strom in einer in sich geschlossenen Drahtschleife hat, wenn diese durch ein inhomogenes oder ein homogenes Feld bewegt wird. Er sagt, durch die Benutzung dieser Vorstellung würde die Untersuchung oft ungemein vereinfacht. Aber er sieht das gelobte Land nur, ohne es zu betreten. Für den Ingenieur, der Dynamomaschinen bauen sollte, war es geradezu eine Erlösung, als endlich der Gebrauch der Kraftlinientheorie allgemein bekannt wurde. Das war erst in der zweiten Hälfte der achtziger Jahre der Fall. Welche Anschaulichkeit selbst in verwickelten Fällen! Auf einem Spaziergang konnte man sich nun klarmachen, wie die Ströme im Grammeschen Ringe zustande kommen. Die Induktionslinien, wie wir jetzt besser sagen, treten aus den feststehenden Polen durch den Luftspalt in den Eisenkern ein und laufen durch die beiden Hälften zum anderen Pole. Dreht sich der Ring mit der Wicklung, so schneiden die äußeren Seiten aller Windungen unter einem Pole die Induktionslinien in demselben Sinne, folglich addieren sich alle in ihnen induzierten elektromotorischen Kräfte. Es gibt nichts Anschaulicheres als die Vorstellung, daß in den Drähten elektromotorische Kräfte induziert werden, wenn sie die Induktionslinien schneiden. Gleichwohl hat diese Anschauung zu gewagten Konstruktionen Anlaß gegeben, insofern als man glaubte, die Wirkung der Pole vergrößern zu können, wenn ihre Oberfläche den Grammeschen Ring von drei Seiten umschlösse, oder auch direkt zu Trugschlüssen geführt, weil sich das Gesetz nur auf einen Teil des Stromkreises bezieht. Faraday selbst ist freilich von solchen Trugschlüssen frei, weil er ausdrücklich sagt, daß in geschlossenen Kreisen eine elektromotorische Kraft induziert wird, wenn die einzelnen Teile des Kreises ungleich viel Kraftlinien schneiden. Diesen Mangel hat das Gesetz nicht, das wohl zuerst, auf die Fernwirkungstheorie aufbauend, von Franz Neumann und in Fortführung der Faradayschen Anschauungen von Maxwell aufgestellt worden ist, wonach die elektromotorische Kraft in einem geschlossenen Stromkreise dem ersten Differentialquotienten des von dem Kreise umschlungenen Induktionsflusses nach der Zeit proportional ist. Vor etwa 30 Jahren wurde mir eine gedruckte Abhandlung zugeschickt, in der dreihundert verschiedene Fälle der Induktion elektrischer Ströme beschrieben und durch Abbildungen dargestellt waren. Wer diese Fälle ohne weitere Kenntnisse sah, mußte es als hoffnungslos ansehen, hier ein gemeinsames Gesetz zu finden. Und doch war es schon lange bekannt und von erstaunlicher Einfachheit.

Gewiß ist der soeben geschilderte praktische Nutzen der Faradayschen Theorie ein gewaltiger, aber ihre Wirkung reicht viel weiter. Sie hat in außerordentlichem Maße befruchtend auf die Weiterentwicklung unserer Naturanschauung und speziell der Physik gewirkt. Faraday betont, daß der Unterschied zwischen Leitern und Isolatoren nur ein gradueller sei. Das besagt aber, daß in allen Körpern zugleich Leitungs- und Verschiebungströme auftreten. Im Grenzfalle können auch die Verschiebungströme allein auftreten. Diese haben dieselben magnetischen Eigenschaften wie die Leitungsströme, wie es inzwischen auch durch Versuche bestätigt worden ist. Er sagt weiter, daß alle Körper, auch der leere Raum, magnetisierbar seien. Nimmt man aber an, daß überall, auch im leeren Raum, Verschiebungströme möglich sind, so folgert Maxwell, daß sich die elektromagnetischen Vorgänge mit Lichtgeschwindigkeit im Raume ausbreiten, und daß die Lichtstrahlen als elektromagnetische Strahlen von bestimmter Frequenz angesehen werden können. Bis tief in die achtziger Jahre dauerte der Meinungstreit um die Richtigkeit der Maxwellschen Theorie, bis es 1888 Heinrich Hertz gelang, durch

geniale Versuche die für die Lichtstrahlen gültigen Gesetze auch für die elektromagnetischen Strahlen als gültig nachzuweisen. Damit war der Physik ein ganz neues Gebiet erschlossen. Aber auch die Technik hatte einen ungeheueren Gewinn davon, denn technisch setzte sich die neue Erkenntnis in die Entwicklung der drahtlosen Telegraphie und der Radiotechnik um. Faraday, Maxwell und Hertz sind die Männer, denen wir sie in erster Linie verdanken.

Ich kann diese Betrachtung nicht schließen, ohne auf die gewaltige volkswirtschaftliche Bedeutung der Forschungen und der Ideen Faradays hinzuweisen. Wenn wir unsere Häuser und Straßen elektrisch beleuchten, wenn der Leuchtturm dem Schiffer den Weg zum Hafen weist, wenn er ihm den Ort seines Schiffes auf dem Ozean oder im Luftmeer angibt, wenn wir uns der Elektromotoren bedienen, das Telephon in die Hand nehmen oder beim Rundfunk Belehrung und Unterhaltung suchen, wenn wir durch elektrische Behandlung Heilung finden: überall wandeln wir auf den Spuren Faradays. Millionen Menschen finden in den Industrien und Unternehmungen, deren Anfänge auf Faraday zurückgehen, Arbeit und Lebensunterhalt, der ganzen Kulturwelt kommen die Werte, die er geschaffen oder zu deren Schaffung er die Grundlagen gegeben hat, zugute. An ihm erkennen wir den tiefen Sinn des Wortes: Forschung tut not.

Faraday wurde als drittes Kind eines Grobschmiedes am 22. IX. 1791 in London geboren[4, 5, 6]. Er besuchte die Volkschule und erlernte das Buchbinderhandwerk, wobei er anfangs auch Zeitungen auszutragen hatte. Die Lehre gab ihm allerlei wissenschaftliche Bücher in die Hand, die er durchlas. In allgemeinverständlichen Abendvorlesungen lernte er die Anfangsgründe der Physik und der Astronomie kennen. Durch einen Gönner erhielt er die Gelegenheit, an Vorlesungen Sir Humphrey Davys in der Royal Institution teilzunehmen, ein Umstand, der entscheidend für sein späteres Leben wurde. Faraday arbeitete die Vorlesungen aus und sandte sie an Davy mit der Bitte, ihm bei der Royal Institution eine Anstellung zu verschaffen, ein Schritt, den er selbst als kühn und einfältig bezeichnet. Davy, der wohl erkannt haben mußte, daß in Faraday etwas Besonderes stecke, antwortete ihm, es würde ihm eine Genugtuung sein, wenn er ihm von Nutzen sein könnte, er wünschte, daß dies in seiner Macht liege.

Die Royal Institution, der Davy bis Ende des Jahres 1812 als Präsident vorstand, war eine private Gesellschaft, die in ihrem Hause ein chemisches und ein physikalisches Laboratorium, eine Bibliothek, Leseräume und einen Hörsaal besaß. Ihr Hauptzweck war, allgemeinverständliche Vorlesungen über Naturwissenschaften, gelegentlich auch über andere Gebiete zu veranstalten. Außerdem fanden Freitags Vorträge nur für Mitglieder statt, in denen besonders über neue Forschungsergebnisse berichtet wurde. Der Gesellschaft gehörten viele bedeutende Persönlichkeiten aus ganz Britannien an.

Im Frühjahr 1813 bot Davy Faraday eine freigewordene Assistentenstelle an, die Faraday am 8. III. 1813 antrat. Vom Oktober desselben Jahres an begleitete er Davy und dessen Frau auf einer zweijährigen Reise durch Frankreich, Italien und Deutschland, auf der er Davy bei seinen chemischen Arbeiten zur Hand ging und eine Reihe hervorragender Gelehrter kennen lernte. Im Jahre 1815 kehrte er in seine Assistentenstelle zurück. Präsident der Royal Institution war inzwischen Brande geworden, Davy benutzte aber als Ehrenprofessor das Laboratorium weiter. Faraday war zunächst unter Davy mit kleineren Arbeiten beschäftigt. 1821 entstand seine erste selbständige Arbeit, die über die Rotation eines Magnetpoles um einen Stromleiter.

Am 12. VI. 1821 verheiratete sich Faraday mit Sarah Barnard, der Tochter eines Goldschmieds, der ebenso wie er selbst der Sekte der Sandemanianer angehörte. Die Ehe war überaus glücklich aber kinderlos. In die folgenden 10 Jahre vielseitiger wissenschaftlicher Arbeit fallen die grundlegenden Untersuchungen über die Verflüssigung der Gase, teilweise gemeinsam mit Davy, und die Herstellung des Benzols.

Nach den großen Entdeckungen trat im Jahre 1838 eine gewisse Erschöpfung ein, von der er sich durch Ausflüge an die See zu erholen suchte. Völlige Genesung fand er aber erst auf einer Reise in die Schweiz. Es folgten nun seine großen Entdeckungen der magnetischen Drehung der Polarisationsebene, des Dia- und des Paramagnetismus.

Im Jahre 1858 legte Faraday die Professur an der Royal Institution nieder und bezog ein ihm von der Königin geschenktes Haus außerhalb Londons. Er begann über zunehmende Gedächtnisschwäche zu klagen. Nach neun Jahren starb er, 76 Jahre alt, in Hampton Court am 25. VIII. 1867.

Große Ehrungen waren ihm aus allen Teilen der Welt zuteil geworden, aber ein Fürst im Reiche der Wissenschaft, blieb er bescheiden. Er lehnte die Präsidentschaft der ersten Gesellschaft Englands, der Royal Society, aber auch die der Royal Institution ab. Die Erinnerung an ihn wird dauernd durch die Bezeichnung der Einheit der Kapazität mit seinem Namen festgehalten. Eine impulsive Natur, war er doch ausdauernd in seinen Arbeiten. Religiosität, Zartgefühl und Wärme der Empfindung zeichneten ihn aus. Er war ein großer Freund der Natur, ein Gewitter, ein Sonnenuntergang konnten ihn in Entzücken bringen. Eine fast knabenhafte Lebendigkeit bewahrte er sich bis in die letzten Lebensjahre. Die Freude am Forschen war die Triebfeder seines Schaffens. Von der technischen Ausnutzung seiner Entdeckungen, die ihm reichen Gewinn hätte bringen können, hielt er sich geflissentlich fern. Er suchte die Wahrheit und wurde ein Wohltäter der Menschheit. H. Görges.

[4] Faraday und seine Entdeckungen. Von John Tyndall. Deutsch herausg. v. Herm. Helmholtz. Verl. Friedr. Vieweg u. Sohn, Braunschweig 1870.

[5] Große Männer. Von Wilh. Ostwald. Akadem. Verlagsgesellschaft m. b. H., Leipzig 1909.

[6] Große Naturforscher. Von Philipp Lenard. J. F. Lehmanns Verlag, München 1929.

Der Groß-Rundfunksender Mühlacker[1].

Der erste deutsche Groß-Rundfunksender wurde in Mühlacker in Württemberg errichtet[2]. Das Sendergebäude hat einen T-förmigen Grundriß. Im Hauptgeschoß befinden sich der Sendersaal und die Maschinenhalle, zwischen diesen beiden Räumen der Verstärker- und Meßraum. Die Rückkühlanlage, die Schlauchtrommeln, Siebmittel und Spannungsregler sind im Sockelgeschoß untergebracht. Die Antennenanlage ist etwa 175 m vom Sender entfernt aufgebaut. Die reusenförmige Antenne wird von einem Hanfseil gehalten, das zwischen den beiden aus Pechkiefernholz hergestellten, 100 m hohen Türmen gespannt ist. Die Antenne ist in ein Abstimmhäuschen eingeführt und wird mit Hilfe einer Energieleitung gespeist. Als Erde dient ein Netz von Kupferdrähten, die ellipsenförmig zwischen den Türmen im Erdboden verlegt sind. Die zum Betrieb des Senders erforderliche elektrische Kraft wird dem Hochspannungsnetz entnommen. Die ankommende Hochspannung wird auf 3 · 380 V abgespannt. Der Sender einschl. Verstärker braucht 5 Heiz- und 5 Anodenspannungen. Alle benötigten Spannungen werden Umformern entnommen, von denen für jeden Zweck 2 Stück vorhanden sind; nur zur Erzeugung des Anodenstromes der letzten Stufe ist außer einer Hochspannungsmaschine (250 kW, 12 kV) eine Hochvakuum-Gleichrichteranlage vorhanden. Die Bedienung und Überwachung der Maschinen geschieht von dem vor dem Sender befindlichen Schaltpult aus. Die Maschinen werden von hier aus selbsttätig angelassen. Die Rückkühlanlage arbeitet nach dem Doppelkreissystem. Das mit Regenwasser gefüllte innere System führt die Wärme, die an den Anoden der wassergekühlten Röhren und an den wassergekühlten Widerständen frei wird, dem Gegenstromkühler zu. Das erwärmte Wasser des äußeren Kreislaufes wird in einem Kühlturm gekühlt. Zur Erzielung höchster Frequenzkonstanz besteht der Sender aus 7 Stufen; die Modulation findet in der 6. Stufe nach der Gittergleichstrom-Methode statt. Eine Verbesserung gegenüber älteren Sendern bedeutet der zusätzliche Gittergleichstrom in der Modulationsstufe. Durch ihn wird erreicht, daß der Sender bis zu 70 % modulationsfähig ist bei einem Klirrfaktor von höchstens 4 %. Die letzte Stufe enthält in Gegentaktschaltung 18 wassergekühlte Röhren, von denen jede eine Höchstleistung von 20 kW besitzt. Jede dieser Röhren schaltet sich bei einem Überstrom in der Anoden- oder Gitterleitung selbsttätig ab, ohne daß eine Unterbrechung des Betriebes stattfindet. Der Modulationsfrequenz-Bereich des Senders beträgt 30 ... 10 000 Hz. Der Sender hat eine Telephonieleistung von 75 kW. Die gesamte Senderanlage wurde von der Firma Telefunken, Ges. für drahtlose Telegraphie m. b. H., geliefert und in Betrieb gesetzt. *Sb.*

[1] Vgl. a. ETZ. 1931, S. 24.

[2] A. Semm, Tel. u. Fernspr.-Techn. Bd. 19, S. 367.

Dampf- oder elektrischer Antrieb der Eigenbedarfsanlagen größerer Dampfkraftwerke?*

Von Dr.-Ing. **H. Schult**, Berlin.

Übersicht. Die folgende Arbeit befaßt sich mit der Untersuchung der Frage, ob die Eigenbedarfsanlagen größerer Dampfkraftwerke mehr als bisher mit Dampfantrieb ausgerüstet werden sollen. Dabei werden zunächst einige allgemein gültige Forderungen betrieblicher Art aufgestellt und geprüft, wie der elektrische Antrieb und der Dampfantrieb diesen Forderungen gerecht werden können. Eine wesentliche Überlegenheit der einen oder anderen Antriebsart besteht nicht. Der wirtschaftliche Vergleich zeigt, daß der Dampfantrieb der Eigenbedarfsanlagen für große Leistungen Vorteile verspricht.

1. Stellung der Aufgabe.

Bei der Projektierung von Dampfkraftwerken angestellte Überlegungen haben gezeigt, daß der Übergang vom elektrischen Antrieb zum Dampfantrieb der Eigenbedarfsanlagen größerer Werke neben einigen Vorteilen betrieblicher Art eine Senkung der Anlagekosten mit sich bringen kann. Hierauf wurde auch von Münzinger in einem Vortrag vor dem Verein deutscher Ingenieure, Berlin, hingewiesen[1].

Im folgenden wollen wir uns mit der Untersuchung der hierbei aufgeworfenen Fragen beschäftigen und versuchen, zu einem Urteil über Anwendungsbereich und Auswirkung von Eigenbedarfsanlagen mit Dampfantrieb zu kommen. Dabei ist vorauszuschicken, daß das umfangreiche Gebiet derartig in den Gesamtaufbau eines Kraftwerkes eingreift, daß es unmöglich ist, den gesamten zugehörigen Stoff an dieser Stelle zu bringen. Wir müssen uns deshalb damit begnügen, die Zusammenhänge mehr oder weniger kurz zu streifen und von Fall zu Fall nur das Ergebnis zu betrachten.

Den folgenden Ausführungen sollen größere Kraftwerke zugrunde gelegt werden, d. h. solche, in denen Turbineneinheiten von etwa 20 000 kW ab aufgestellt sind. Untersucht man für solche Werke die Anlagekosten der Eigenversorgung bei elektrischem Antrieb, so kommt man zu einem überraschenden Ergebnis. Bei elektrischem Antrieb kostet die Eigenbedarfsleistung, soweit sie während der Spitze verfügbar sein muß, etwa 500 ... 600 RM/kW. Dieser Preis entfällt etwa zur Hälfte auf die anteilige Kraftwerksleistung von der Kohlenförderung bis zu den Hauptsammelschienen, die von der Nutzleistung des Werkes in Abzug kommt. Die zweite Hälfte, d. h. ebenfalls 250 ... 300 RM, wird durch die Verteilung im Kraftwerk selbst bis zu den einzelnen Antriebsmotoren, u. zw. einschließlich dieser, beansprucht. 1 kW Eigenbedarf kostet also bei elektrischem Antrieb etwa doppelt so viel wie das nutzbare Kilowatt Kraftwerksleistung. Beträgt der Spitzen-Eigenbedarf 5% der installierten Kraftwerksleistung, so entfallen mithin auf die Eigenbedarfsanlage etwa 10% der Anlagekosten des Werkes.

Diese Tatsache ist bei der Projektierung von Kraftwerken von großer Bedeutung. Handelt es sich z. B. darum, eine Kesselanlage für 100 000 kW Leistung mit Saugzug oder natürlichem Zug auszurüsten, und erfordert die Saugzuganlage eine Eigenbedarfsleistung von 1% = 1000 kW, so muß die Saugzuganlage bei einem Vergleich der Anlagekosten mit den entsprechenden Erstellungskosten für die Eigenbedarfsanlage, das sind 500 000 bis 600 000 RM, belastet werden.

Stehen wir bei der gleichen Kesselanlage vor der Frage, ob bei Kohlenstaubfeuerung Zentralmahlanlage oder Einzelmühlen vorzuziehen sind, so ist der erforderliche Eigenbedarf von etwa 2000 kW bei Einzelmühlen mit etwa 1 Mill RM zu berücksichtigen, während die Zentralmahlanlage, sofern sie zur Zeit der Spitze abgestellt werden kann, lediglich mit der Verteilung im Haus und nicht mit der anteiligen Kraftwerksleistung zu belasten ist. Sie erfordert für ihren Eigenbedarf also nur etwa die Hälfte der Kosten wie Einzelmühlen.

Diese Beispiele sollen nun nicht etwa für natürlichen Zug oder für Errichtung einer Zentralmahlanlage sprechen, denn für die Beurteilung dieser Fragen ist eine ganze Kette von Gesichtspunkten ausschlaggebend. Sie wurden nur vorangestellt, um zu zeigen, wie die Eigenbedarfsanlage in den Aufbau und die Projektierung eines Werkes einschneidet und von welcher Bedeutung allein die Anlagekosten neben vielen anderen Fragen sein können. Beim Bau von Kraftwerken ist es deshalb unbedingt erforderlich, festzustellen, welche Möglichkeiten betrieblich und wirtschaftlich die besten Ergebnisse bringen.

Wir wollen versuchen, diese Zusammenhänge näher zu verfolgen, indem wir folgende Fragen aufstellen:

1. Welche Möglichkeiten für den Antrieb der Eigenbedarfsanlagen gibt es?
2. Welche Forderungen sind für die einzelnen Antriebsarten zu stellen?
3. Inwieweit und durch welche Maßnahmen können die einzelnen Antriebsarten diesen Forderungen gerecht werden?
4. Wie verhält sich die Wirtschaftlichkeit der verschiedenen Antriebsarten?

2. Möglichkeiten der Ausbildung.

Bei der Beantwortung der ersten Frage lassen sich im wesentlichen drei Hauptmöglichkeiten unterscheiden, u. zw.:

a) Elektrischer Antrieb. Alle Hilfsmaschinen des Werkes erhalten Antriebsmotoren, auch die Kühlwasser- und Kesselspeisepumpen. Dampfturbinen kommen allenfalls als Reserve und für den Notbetrieb in Frage.

b) Dampf-elektrischer Antrieb. Auch hier werden die Normalantriebe elektromotorisch betrieben, jedoch mit der Einschränkung, daß Kühlwasserpumpen und Kesselspeisepumpen, die lebenswichtigsten Hilfsmaschinen des Werkes, im Normalbetrieb mit Dampfantrieb laufen und elektrischen Antrieb allenfalls als Reserve erhalten.

c) Dampfantrieb. Alle betriebsabhängigen Antriebe erhalten Turbinen, während lediglich die Nebenbetriebe mit Elektromotoren ausgerüstet sind.

Diese Fälle sind in folgender Übersicht zusammengestellt:

Tafel 1.

1 elektrisch	2 dampf-elektrisch	3 Dampf
Normalantriebe elektrisch. Dampf f. Notbetrieb von Kühlwasser- und Kesselspeisepumpen.	Normalantriebe elektrisch. Kühlwasser- und Kesselspeisepumpen Dampf als Normalantrieb, zur Reserve elektrisch.	Normalantriebe Dampf für alle betriebsabhängigen Antriebe, für alle Nebenbetriebe elektrisch.
Stromlieferung: 1. von den Hauptsammelschienen 2. von den Generatorklemmen 3. von einer Hausmaschine 4. von einer Vorwärmemaschine. evtl. Notturbine	Stromlieferung: 1. von den Hauptsammelschienen 2. von den Generatorklemmen 3. von einer Hausmaschine 4. von einer Vorwärmemaschine. evtl. Notturbine	Stromlieferung: von den Hauptsammelschienen keine Notturbine erforderlich

Bei elektrischem Antrieb kann die Stromlieferung entweder von den Hauptsammelschienen oder von den Generatorklemmen und schließlich von einer besonderen Hausmaschine oder Vorwärmmaschine erfolgen. Gegebenenfalls ist eine Notturbine zum Anfahren des Werkes und zur unbedingten Sicherstellung des Betriebes aufzustellen.

Bei dampf-elektrischem Antrieb kommen für die Stromlieferung die gleichen Energiequellen in Frage, während bei reinem Dampfantrieb der betriebsabhängigen Antriebe die zusätzliche Stromlieferung für die Nebenbetriebe von den Hauptsammelschienen genügend Sicherheit bietet, da eine kurzzeitige Unterbrechung den Betrieb des Werkes nicht gefährdet. Aus dem gleichen Grunde wird hier auch die Aufstellung einer besonderen Notturbine nicht erforderlich sein. Die Sicherheit der Stromlieferung hat um so weniger Bedeutung, je mehr der Dampfantrieb in den Vordergrund tritt.

Betrachten wir nun ausgeführte Anlagen nach der gewählten Haupteinteilung, so finden wir, daß alle Ausführungsmöglichkeiten vertreten sind. Abb. 1 enthält einige bekannte deutsche und amerikanische Anlagen. Bei deut-

---

* Vortrag, gehalten im Elektrotechnischen Verein am 24. III. 1931.

[1] Münzinger, Z. VDI Bd. 75, S. 505 (1931). Vgl. a. ETZ 1931, S. 529 u. 567.

schen Anlagen überwiegt der rein elektrische Antrieb, wobei die Stromlieferung von den Generatorklemmen oder durch eine besondere Maschine erfolgt. Dampfantrieb im Sinne der vorhin gezeigten Gruppeneinteilung kam bei keinem der 7 untersuchten deutschen Kraftwerke zur Anwendung. Von den 8 angeführten amerikanischen Anlagen haben 3 reinen Dampfantrieb. Bei diesen sind auch die Kesselantriebe mit Turbinen ausgerüstet; die Stromlieferung für die Nebenbetriebe erfolgt hier von den Hauptsammelschienen aus.

Lfd. Nr.	Anlage	Baujahr	Größe inst. kW	Betriebsabhängige Antriebe			Stromlieferung				
				elektrisch	Dampf-elektr.	Dampf	Haupt-Sammelsch.	Generator-klemmen	Haus-maschine	Vorwärme-maschine	Not-turbine
1	Finkenheed	1921	140000								
2	Klingenberg	1925/26	270000								
3	Schulau	1927/28	45000								
4	Elbing	1927/29	18000								
5	Else	1929/30	55000								
6	Westwerk	1929/30	126000								
7	Mikramag	1930/31	67000								
8	Montagne City	1920	30000								
9	Hell-Gate	1921	140000								
10	Riverbend	1925/27	110000								
11	Avonpark	1927/28	15000								
12	State-Line	1927/29	208000								
13	Deepwater	1929	118000								
14	Lakeside (Erweiterung)	1929	235000								
15	Tenessee Eastm. Corpor.	1929/30	5000								

AEG K 18884

Abb. 1. Versorgung der Eigenbedarfsantriebe.

Es wurde versucht, in der Literatur eine Begründung für die Wahl der Antriebsarten und der Stromlieferung zu finden und dabei festgestellt, daß in den meisten Fällen die Sicherheit als Hauptforderung betont wurde, die Wirtschaftlichkeit des einen oder anderen Verfahrens wurde an keiner Stelle hervorgehoben.

3. Betriebliche Forderungen.

Wir kommen zur zweiten Frage, u. zw. nach den Forderungen, welche an die einzelnen Antriebe und die Energielieferung für die Eigenversorgung zu stellen sind. Auch wir wollen die S i c h e r h e i t sowohl des einzelnen Antriebes als auch die der Strom- bzw. Dampflieferung in den Vordergrund stellen. Diese Forderung muß allerdings verschieden beurteilt werden, je nachdem, um welche Arbeitsmaschinen es sich handelt. Wir können hierbei auf eine Aufstellung zurückgreifen, die bereits im Oktober des letzten Jahres veröffentlicht wurde[2]. Sie zeigt eine Unterteilung nach b e t r i e b s a b h ä n g i g e m und b e t r i e b s u n a b h ä n g i g e m Eigenbedarf. Dabei sind unter „betriebsabhängig" diejenigen Antriebe verstanden, die in ihrer Belastung mit der Last des Kraftwerkes phasengleich sind. Dieser Teil des Eigenbedarfes muß während der Spitze mit Vollast arbeiten können, so daß er bei elektrischem Antrieb die verfügbare Kraftwerksleistung mit seinem vollen Anteil belastet. Der betriebsunabhängige Eigenbedarf kann an sich mit beliebiger zeitlicher Verschiebung zur Belastung des Kraftwerkes fahren; er ist also während der Spitze nicht unbedingt erforderlich.

Der betriebsabhängige Eigenbedarf ist weiter unterteilt in die Gruppe der lebenswichtigen und die der begrenzt abhängigen Antriebe, wobei mit „lebenswichtig" solche Antriebe bezeichnet wurden, deren Stillstand auch das Herausfallen des zugehörigen Anlageteiles unmittelbar zur Folge hat oder sogar zu einer Gefährdung des Werkes führen könnte, wie dies z. B. beim Ausfall der Kesselspeisepumpen der Fall ist. Es ist ohne weiteres einleuchtend, daß der betriebsabhängige Eigenbedarf und hierunter die lebenswichtigen Antriebe die größte Sicherheit verlangen. Weniger bedeutungsvoll ist die Sicherheit der betriebsunabhängigen Antriebe, von denen die begrenzt unabhängigen für kürzere Zeit, die betriebsfreien für längere Zeit ausfallen können, ohne daß der Betrieb des Werkes hierunter merklich zu leiden braucht.

Die in Abb. 1 vorgenommene Unterteilung sowie die Angaben über die auftretenden Leistungsanteile gelten teilweise nur für ein bestimmtes Ausführungsbeispiel. Die Werte können je nach der Art des Werkes und den Belastungsaufgaben von den gezeigten abweichen.

Eine zweite wichtige Forderung an die Eigenbedarfsantriebe betrifft das b e t r i e b l i c h e V e r h a l t e n. Einfaches und schnelles Anfahren erleichtern rasches Inbetriebgehen und die erforderlichen Umschaltungen bei Störungen. Sodann muß der Antrieb in der Lage sein, das Anlauf-Gegendrehmoment der Arbeitsmaschine zu überwinden. Hierzu gehören auch Forderungen, die sich auf das selbsttätige Wiederinbetriebkommen nach einer Störung beziehen. Anzustreben ist, daß jeder Antrieb nach einer Störung, also z. B. nach Sinken der Spannung oder des Dampfdruckes, selbsttätig wieder in Gang kommt.

Eine weitere betriebliche Forderung ist l e i c h t e u n d w i r t s c h a f t l i c h e D r e h z a h l r e g e l u n g der Einzelantriebe. Je größer der Eigenbedarf und je mehr selbsttätige Leistungsregelung einzelner Anlageteile zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit zur Anwendung kommen, um so mehr gewinnt die Forderung nach guter Regelungsfähigkeit an Bedeutung. Die weitere Entwicklung des Kraftwerksbaus weist darauf hin, daß auch ferngesteuerte und selbsttätige Anlagen mehr und mehr zur Anwendung kommen. Auch hiermit sind für die einzelnen Antriebe gewisse Forderungen verbunden.

Die dritte Hauptforderung an Aufbau und Arbeitsweise der Eigenbedarfsanlage ist die Forderung nach W i r t s c h a f t l i c h k e i t, die durch Anlagekosten und Wärmeverbrauch bestimmt wird. Zu beachten ist, daß

T a f e l 2.

Betriebsabhängiger Eigenbedarf						Betriebsunabhängiger Eigenbedarf					
lebenswichtig			begrenzt abhängig			begrenzt unabhängig			betriebsfrei		
Anlageteil	install. in % der Kraftwerksleistg.	i. Betrieb während d. Spitze in % der Kraftwerksleistg.	Anlageteil	install. in % der Kraftwerksleistg.	i. Betrieb während d. Spitze in % der Kraftwerksleistg.	Anlageteil	install. in % der Kraftwerksleistg.	i. Betrieb während d. Spitze in % der Kraftwerksleistg.	Anlageteil	install. in % der Kraftwerksleistg.	i. Betrieb während d. Spitze in % der Kraftwerksleistg.
1 Kühlwasserpump.	0,7	0,5	5 b Roste	0,04	0,03	12 Kohlen- und Aschenförderanlage	0,2	—	15 Krane u. Aufzüge 16 Werkskompressoren 17 Werkzeugmaschinen 18 Kraftstecker 19 elektr. Heizg. 20 Ölreinigung	0,3	—
2 Kondensat- und Strahlwasserp.	0,4	0,3	6 Saugzugventilatoren	1,3	1,0	5 c zentrale Kohlenmahlanlage	2,0	—			
3 Kesselspeisepump. (30 atü)	2,0	0,7	7 Verdampfer-Speisepumpen 8 Rohwasserpump. 9 Transformatorenkühlung 10 Kühlwasserreinigung 11 Schieberantr.	0,13	0,1	13 Beleuchtung 14 Umformer für Batterieladung	0,05	—			
4 Unterwindventilatoren	1,3	1,0									
5 Kohlenstaub-Einzelmühlen	2,0	1,5									
5 a Zuteiler und Einblaseventilatoren	0,26	0,2									
Σ bei Kohlenstaub-Einzelmühlen	6,4	4,0		1,43	1,1		0,25			0,3	
Σ bei Zentralmahlanlagen	4,66	2,7		1,43	1,1		2,25			0,3	
Σ bei Rostfeuerung	4,4	2,5		1,47	1,13		0,25			0,3	
Gesamt-Eigenbedarf bei Kohlenstaub-Einzelmühlen							8,4	5,1			
Gesamt-Eigenbedarf bei Zentralmahlanlage							8,6	3,8			
Gesamt-Eigenbedarf bei Rostfeuerung							6,4	3,6			

[2] H. S c h u l t u. H. L a n g r e h r, Eigenbedarfsanlagen für größere Dampfkraftwerke, AEG-Mitt. 1930, H. 10, Beilage „Das Kraftwerk".

hierbei nicht der Wärmeverbrauch bei Vollast, sondern derjenige, welcher sich unter Berücksichtigung wechselnder Last und wechselnder Drehzahl im Mittel des Betriebes einstellt, verglichen werden muß.

Schließlich ergibt sich noch die Forderung, daß die gewählte Ausführungsart der Eigenversorgung in das Gesamtbetriebschema hineinpaßt. Hierunter ist z. B. zu verstehen, daß bei Dampfantrieb in jedem Belastungszustand die anfallende Abwärme untergebracht werden muß.

4. Erfüllung der Forderungen.

A. Elektrischer Antrieb.

I. Stromlieferung.

Beim elektrischen Antrieb ist die Sicherheit im wesentlichen eine Frage der Stromlieferung. Dabei sind drei Gesichtspunkte von Bedeutung, nämlich:

die Sicherheit der Stromquelle als solche, soweit sie Gewähr für eine ununterbrochene Stromlieferung bietet,

die Kurzschlußeigenschaften, d. h. die mit der Stromquelle verbundenen Kurzschlußleistungen, die ja für die Auslegung der Hausverteilung von Wichtigkeit sind,

die Spannungsfestigkeit der Stromquelle, soweit sie durch Störungen im Eigenbedarfsnetz und außerhalb des Eigenbedarfsnetzes berührt werden kann.

Abb. 2. Stromlieferung für die Deckung des Eigenbedarfs.

Abb. 2 zeigt vier Hauptmöglichkeiten der Stromlieferung, die in den verschiedensten Werken zur Anwendung kamen, u. zw.:

Figur A: die Stromlieferung von den Hauptsammelschienen,
„ B: die Stromlieferung von den Generatorklemmen,
„ C: die Stromlieferung von einer Hausmaschine und
„ D: die Deckung des Eigenbedarfes durch die Vorwärmmaschine.

Bei Abb. 2A zweigt die Hausversorgung hinter den Hauptschaltern der Generatoren ab. Mit dem Fallen der Hauptschalter wird demnach auch die Eigenversorgung stromlos. Bei Kurzschluß in der Hausverteilung arbeitet das Kraftwerk mit der gesamten in Betrieb befindlichen Leistung auf die Kurzschlußstelle. Man wird zwar durch hohe Reaktanz der Eigenbedarfs-Transformatoren oder zusätzliche Reaktanzen die Kurzschlußleistung in der Hausverteilung möglichst weitgehend herabdrücken, doch findet diese Maßnahme infolge des damit verbundenen Spannungsabfalles eine Grenze.

Nach Abb. 2B wird die Hausverteilung unmittelbar von den Klemmen eines Generators versorgt. In der Abbildung sind zwar beide Generatoren angeschlossen, betrieblich wird man jedoch immer nur einen Generator auf die Hausverteilung arbeiten lassen, wie durch die Schalterstellung angedeutet ist. Die Kurzschlußleistung in der Eigenverteilung ist entsprechend geringer. Auch hier lassen sich zusätzliche Reaktanzen einbauen. Die Abzweige zur Eigenversorgung liegen vor den Hauptmaschinenschaltern. Störungen im Hauptnetz, die zum Abschalten führen, haben demnach ein Stillsetzen der Eigenversorgung nicht unbedingt zur Folge.

Abb. 2C zeigt die Versorgung der Eigenbetriebe durch eine besondere unabhängige Maschine. Eine Verbindung mit dem Hauptnetz, die normalerweise offen ist, ist lediglich als Reserve gedacht. Die Sicherheit der Stromlieferung für die Eigenversorgung und die Kurzschlußverhältnisse sind hier zweifelsohne am günstigsten. Auch Spannungsenkungen im Hauptnetz werden auf die Eigenversorgung nicht übertragen. Anders verhält es sich bei Störungen im Netz der Eigenversorgung, die zu einem Zusammenbrechen der Spannung geführt haben. Hier gestalten sich bei wiederkehrender Spannung die Anlaufverhältnisse ungünstiger als bei Speisung aus einem Netz größerer Leistung. Auf diese Tatsache kommen wir bei Betrachtung des Verhaltens der Einzelantriebe noch zurück.

Abb. 2D zeigt die Deckung der Eigenversorgung durch eine Vorwärmmaschine. Diese Betriebsmöglichkeit spielte beim Kraftwerksbau der letzten Jahre eine gewisse Rolle und kam z. B. im Klingenbergwerk und im Westwerk zur Anwendung. Wir wollen uns deshalb mit der Vorwärmmaschine und insbesondere der Vorwärmmaschine als Hausmaschine etwas näher befassen.

a) Vorwärmturbine als Eigenbedarfsmaschine.

Die Aufstellung einer besonderen Gegendruckmaschine zur Lieferung des Heizdampfes für die Vorwärmung des Kesselspeisewassers hat gegenüber geregelter und ungeregelter Anzapfung der Hauptmaschinen mehrere Vorteile. Zunächst wird der Gesamtwirkungsgrad der Anlage etwas besser, da entweder bei geregelter Anzapfung der Hauptmaschinen der thermodynamische Wirkungsgrad um 1 ... 2 % sinkt oder bei ungeregelter Anzapfung ein Teil des Heizdampfes zur Konstanthaltung der Vorwärmtemperatur auf einen bestimmten Wert abgedrosselt werden muß. Kann die Vorwärmmaschine gleichzeitig als Ersatz für eine besondere Kondensations-Hausmaschine verwendet werden, so tritt auch eine Verbilligung der Gesamtanlage ein, weil bei der Vorwärmmaschine Kondensator und zugehörige Kühlwasserkanäle, Pumpen u. dgl. in Fortfall kommen. Der Raum unterhalb der Maschine bleibt für die Führung der Anzapfleitungen frei, auch läßt sich die kleinere Vorwärmmaschine in den meisten Fällen örtlich enger an die Vorwärmanlage heranschieben, so daß nur kurze Anzapfleitungen erforderlich sind.

1 Vorwärmturbine *a* Eigenbedarfsnetz
2 Hauptmaschine *b* Hauptnetz

Abb. 3. Deckung des Eigenbedarfs durch eine Vorwärmturbine (Abgrenzung durch Reaktanz).

Es bleibt nun die wichtige Frage, ob und wie sich die Vorwärmmaschine mit hinreichender Sicherheit als Hausmaschine verwenden läßt. Abb. 3 zeigt die normale Schaltung einer Anlage mit Haupt- und Vorwärmmaschine. Da die Endtemperatur der Vorwärmung konstant gehalten werden muß, ist die Leistung der Vorwärmmaschine durch die anfallende Kondensatmenge der Hauptmaschine gegeben. Es ist also nicht ohne weiteres möglich, den Generator der Vorwärmmaschine unabhängig vom Hauptnetz auf die Eigenbedarfsanlage arbeiten zu lassen und beliebig zu belasten. Aus diesem Grunde ist über eine Reaktanz eine Verbindung zwischen der Eigenbedarfschiene *a* und dem Hauptnetz *b* hergestellt, die den Leistungsausgleich zwischen der anfallenden und angeforderten Leistung übernimmt. Betrieblich ist diese Verbindung nicht sonderlich erwünscht, weil sie Störungen vom Hauptnetz auf die Eigenbedarfsanlage und umgekehrt übertragen kann.

Abb. 4 zeigt eine Lösung, bei welcher eine größere Sicherheit erreicht wird. Hier ist die Vorwärmmaschine

mit 2 Generatoren ausgerüstet, von welchen einer auf das Eigenbedarfsnetz, der andere auf das Hauptnetz arbeitet. Die auf das Hauptnetz arbeitende Maschine kann bei Unterschuß der Vorwärmleistung gegenüber der Eigenbedarfsleistung auch als Motor arbeiten.

1 Vorwärmturbine *a* Eigenbedarfsnetz
2 Hauptmaschine *b* Hauptnetz

Abb. 4. Deckung des Eigenbedarfs durch eine Vorwärmturbine (Abgrenzung durch zweiten Generator).

Eine weitere Möglichkeit, die Vorwärmmaschine elektrisch vom Hauptnetz frei zu machen, zeigt Abb. 5.

Hier sind 3 Vorwärmmaschinen gezeichnet, von denen immer mindestens zwei in Betrieb sein müssen. Von diesen beiden arbeitet eine Maschine — in der Abbildung Maschine I — auf das Eigenbedarfsnetz, die zweite Maschine auf das Hauptnetz. Maschine I wird nun nicht auf Gegendruck geregelt, sondern erhält normale Drehzahlregelung. Die Temperatur im Vorwärmer wird durch Regelung der Speisewasserzufuhr konstant gehalten, d. h. also, der Maschine wird jeweils soviel Speisewasser zur Vorwärmung zugeführt, wie unabhängig von der an den Hauptmaschinen anfallenden Kondensatmenge auf Grund der erforderlichen Eigenbedarfsleistung Abdampf zur Verfügung steht. Maschine II wird in der üblichen Weise auf Gegendruck geregelt und hat hierbei den Rest der Speisewasservorwärmung zu übernehmen. Diese Arbeitsweise ist nur dann möglich, wenn immer mindestens zwei Vorwärmmaschinen in Betrieb gehalten werden, eine Forderung, die bei Schwachlast eines Werkes, also z. B. nachts, unbequem ist. Sie hat auch eine Verschlechterung des Gesamt-Wärmeverbrauches zur Folge.

a Vorwärmer *c* Eigenbedarfsnetz
b Kesselspeisepumpe *d* Hauptnetz.

Abb. 5. Deckung des Eigenbedarfs durch eine Vorwärmturbine (Abgrenzung durch Regelung des Kondensatstromes).

b) Belastungsfreie Vorwärmturbine.

Aus dem Bestreben, eine elektrisch völlig freie Vorwärmmaschine zu erhalten, entstanden weitere Vorschläge, von denen zwei besonders beachtenswerte hier wiedergegeben sein mögen. Nach Abb. 6 arbeiten Hauptmaschine und Vorwärmmaschine elektrisch völlig getrennt. Die Vorwärmmaschine übernimmt die Vorwärmung in zwei Stufen — im Niederdruckvorwärmer *1* und im Hochdruckvorwärmer *2*. Die Maschine wird nach dem Bedarf der Eigenversorgung geregelt. Nehmen wir nun an, die vorzuwärmende Kondensatmenge, die die Vorwärmer *1* und *2* durchfließt, sei konstant, während die Leistung im Netz der Eigenversorgung von Null bis Vollast ansteigt, so ergibt sich folgender Betrieb: Fällt kein Dampf zur Vorwärmung an, so erfolgt die Vorwärmung von der Frischdampfleitung aus über das Reduzierventil *a*, welches bei fallendem Druck in der Hochdruck-Anzapfleitung öffnet. Steigt die Leistung der Vorwärmmaschine, so schließt zunächst *a* mehr und mehr, bis die gesamte Vorwärmung am Hochdruckteil der Vorwärmmaschine liegt. Das Überströmventil *c* zum Niederdruckteil ist hierbei zunächst noch geschlossen. (Selbstverständlich ist es erforderlich, daß der Niederdruckteil eine geringe Kühldampfmenge erhält, die aber für diese Betrachtung gegenstandslos ist.) Erst bei weiter ansteigendem Druck der Hochdruckanzapfung öffnet die Überströmung, bis schließlich in beiden Stufen Sattdampftemperatur erreicht ist. Wird noch mehr Leistung im Eigenbedarfsnetz angefordert, so öffnet, abhängig vom steigenden Druck der Niederdruckanzapfung, das Auspuffventil *d*. Statt dessen kann der Abdampf auch in eine entsprechende Stufe der Hauptturbine geleitet werden.

öffnen bei steigendem Druck öffnen bei fallendem Druck

Abb. 6. Deckung des Eigenbedarfs durch eine Vorwärmturbine (elektr. Trennung durch Regelung der Vorwärmung; zweistufige Vorwärmturbine).

Wir sehen also, daß es möglich ist, den gesamten Leistungsbereich der Vorwärmmaschine unabhängig von der Kondensatmenge und bei gleichbleibender Endtemperatur der Vorwärmung zu durchfahren. Allerdings gibt es hierbei nur einen wirtschaftlichsten Punkt; das ist derjenige, bei welchem in beiden Stufen Vorwärmung bis auf Sattdampftemperatur erfolgt. Die hierbei anfallende elektrische Leistung beträgt etwa 8 %. Die Betriebsweise nach Abb. 6 käme also in Frage, wenn die Eigenbedarfsleistung verhältnismäßig groß ist.

+ öffnen bei steigendem Druck
— schließen bei fallendem Druck

Abb. 7. Deckung des Eigenbedarfs durch eine Vorwärmturbine (elektr. Trennung durch Regelung der Vorwärmung; einstufige Vorwärmturbine).

Abb. 7 zeigt eine Schaltung, welche bei kleiner Eigenbedarfsleistung eine gute Übereinstimmung mit dem erforderlichen Vorwärmdampf ergibt. Hier liegt die Niederdruckvorwärmung *1* an der Hauptmaschine, während die Vorwärm- und Eigenbedarfsmaschine als einstufige Gegendruckmaschine lediglich auf die Hochdruckvorwärmung *2* arbeitet. Die Maschine arbeitet wieder mit Drehzahlregelung. Überwiegt der Wärmebedarf der Hochdruckvorwär-

mung gegenüber dem Wärmeanfall der Vorwärmmaschine, so öffnet mit sinkendem Druck das Reduzierventil *a*. Bei steigendem Druck, d. h. bei Ansteigen des Leistungsbedarfes im Eigenbedarfsnetz, schließt zunächst das Ventil *c* in der Niederdruckanzapfung der Hauptmaschine und verlegt die gesamte Vorwärmung mehr und mehr auf die Hochdruckstufe. Bei weiter steigendem Druck öffnet der Auspuff *d* oder eine Überströmung zur Hauptmaschine.

Wir wollen noch prüfen, wie bei einer Anlage nach Abb. 7 Eigenbedarfsleistung und Wärmebedarf für die Vorwärmung übereinstimmen. Das Ergebnis dieser Untersuchung zeigt Abb. 8. Für die Durchrechnung wurde angenommen, daß in einem Kraftwerk 4 Hauptmaschinen von je 25 000 kW Leistung und 2 Vorwärmmaschinen aufgestellt sind. Von den Haupt- und Vorwärmmaschinen ist je eine als Reserve gedacht, so daß bei Vollast 3 Hauptmaschinen und 1 Vorwärmmaschine in Betrieb sind. Der Betriebsdruck wurde mit 30 atü, die Endtemperatur der Vorwärmung mit 140 ° C angenommen. Die Eigenbedarfsleistung soll bei Vollast 4,5 % betragen. Abhängig von der Belastung der Hauptmaschinen ergeben sich dann folgende Verhältnisse: Kurve *1* zeigt den Wärmebedarf an der Hochdruckstufe der Vorwärmung, sofern an der Niederdruckstufe bis auf Sattdampftemperatur vorgewärmt wird. Kurve *2* zeigt den Wärmeanfall, der bei Deckung des Eigenbedarfs durch eine eingehäusige Hochdruck-Vorwärmmaschine frei wird. Im Schnittpunkt *a* stimmen Bedarf und Anfall überein. Rechts von *a* überwiegt der Wärmebedarf, der durch Zusatz von reduziertem Frischdampf ausgeglichen werden muß. Links von *a* überwiegt der Wärmeanfall. Er kann zunächst, u. zw. bis zum Punkt *b*, durch Drosselung der Niederdruckvorwärmung aufgenommen werden. Im Punkte *b* ist die Niederdruckvorwärmung völlig geschlossen, so daß links von *b* der Überschuß an Wärmeanfall durch Auspuffbetrieb oder Einleitung in die Hauptmaschine ausgeglichen werden muß. Die Kurve *3* zeigt den Wärmebedarf bei einstufiger Vorwärmung, d. h. bei völlig abgestellter Niederdruckanzapfung; sie ist zur Feststellung des Punktes *b* eingetragen.

1 Wärmebedarf an der Hochdruckstufe
2 Wärmeanfall an der Hochdruck-Vorwärmturbine
3 Wärmebedarf bei einstufiger Vorwärmung

Abb. 8. Wärmebedarf und Wärmeanfall einer auf den Eigenbedarf arbeitenden einstufigen Vorwärmturbine.

Um eine Vorstellung darüber zu erhalten, welche Bedeutung dieser Betrieb auf die Wärmewirtschaft hat, ist im oberen Teil der Abb. 8 der prozentuale Wirkungsgradverlust eingetragen, der gegenüber zweistufiger Vorwärmung auf Sattdampftemperatur in jedem Belastungszustand eintritt; er beträgt bei Vollast etwa 0,5 %.

c) Wirkungsgradvergleich der verschiedenen Vorwärmverfahren.

Der Vollständigkeit halber wollen wir noch kurz die Wirkungsgrade vergleichen, die bei den einzelnen Betriebsweisen der Vorwärmung auftreten.

Abb. 9 zeigt in Kurve *1* den Wirkungsgradverlauf bei reinem Kondensationsbetrieb abhängig von der Belastung. Dem günstigsten Punkt bei ¾-Last wurde die relative Wirkungsgradzahl 100 zugeordnet. Kurve *2* zeigt den Wirkungsgradverlauf bei zweistufiger Vorwärmung durch geregelte Anzapfung der Hauptmaschinen, Kurve *3* bei Vorwärmung durch ungeregelte Anzapfung.

Der Wirkungsgrad bei Vorwärmung durch geregelte Anzapfung liegt etwas tiefer infolge des schlechteren thermodynamischen Wirkungsgrades. Der Sprung in Kurve *3*, bei ungeregelter Anzapfung, kommt dadurch zustande, daß bei abfallender Last der Druck an der Anzapfstelle schließlich unter den zu erreichenden Vorwärmdruck sinkt und dann reduzierter Frischdampf zugesetzt werden muß.

1 Kondensations-Hauptmaschine ohne Vorwärmung
2 zweistufige Vorwärmung durch geregelte Anzapfung
3 zweistufige Vorwärmung durch ungeregelte Anzapfung

Abb. 9. Relativer Wirkungsgradverlauf in Abhängigkeit von der Belastung. Vorwärmung durch die Hauptmaschinen.

Abb. 10 zeigt in Kurve *1* wiederum den Wirkungsgradverlauf einer reinen Kondensationsmaschine. Zum weiteren Vergleich wurde in Kurve *2* der Wirkungsgradverlauf bei ungeregelter Anzapfung der Hauptmaschinen aus Abb. 9 übernommen. Der beste Wirkungsgrad wird nach Kurve *3* bei Betrieb einer besonderen Vorwärmmaschine mit Vorwärmung auf Sattdampftemperatur in beiden Stufen erreicht. Kurve *4* zeigt den Wirkungsgradverlauf, wenn diese Vorwärmmaschine, die auf Hoch- und Niederdruckstufe arbeitet, nach dem Eigenbedarf in der vorhin erwähnten Weise geregelt wird. Kurve *5* endlich zeigt, welches Wirkungsgradverhältnis erreicht wird, wenn eine auf den Eigenbedarf geregelte Vorwärmmaschine lediglich die Hochdruckvorwärmung übernimmt. Auch hierbei wurde ein Eigenbedarf von 4,5 % bei Vollast angenommen.

1 Kondensations-Hauptmaschine ohne Vorwärmung
2 zweistufige Vorwärmung durch ungeregelte Anzapfung der Hauptmaschine
3 zweistufige Vorwärmung durch Vorwärmturbine, geregelt nach Vorwärmbedarf
4 zweistufige Vorwärmung durch Vorwärmturbine, geregelt nach Eigenbedarf
5 Niederdruckvorwärmung durch Vorwärmturbine, geregelt nach Eigenbedarf

Abb. 10. Relativer Wirkungsgradverlauf in Abhängigkeit von der Belastung. Vorwärmung durch Vorwärmturbinen.

Wir sehen, daß Kurve 5, das ist also die völlig freie Hochdruck-Eigenbedarfmaschine, in ihrem Wirkungsgrad nur wenig unter den Werten liegt, die sich bei der leistungsabhängigen Vorwärmmaschine erreichen lassen. Nimmt man an, daß die leistungsabhängige Vorwärmmaschine nicht die nötige Sicherheit für die Deckung des Eigenbedarfs bietet und infolgedessen zusätzlich eine kleine Kondensationsmaschine für die Deckung des Eigenbedarfs aufgestellt werden muß, so fällt der Gesamtwirkungsgrad des Werkes der Kurve *3* fast auf den der Kurve *5*. Auf alle Fälle liegt die Kurve *5*, die der freien Vorwärmmaschine, noch über der Kurve *2*, also den Wirkungsgraden, die bei Vorwärmung durch Anzapfung der Hauptmaschinen erreicht werden können.

(Schluß folgt.)

Über elektrische Schallplattenaufnahme und -wiedergabe.

Von **Albrecht Forstmann**, Berlin.

(Fortsetzung von S. 1083.)

3. Die Frequenzabhängigkeit.

Um festzustellen, welche Bedingungen zu beachten sind, damit die Arbeitsweise des Schreibers frequenzunabhängig ist, betrachten wir zunächst die vom ersten Glied auf das zweite übertragene Kraft; sie ist um so mehr gleich der dem ersten Glied aufgedrückten, je geringer die verursachten Hemmungen sind, es ist also zu bedingen, daß

$$k_1 \gg M_1 \frac{d^2 x_1}{dt^2} + R_1 \frac{dx_1}{dt}. \qquad (19)$$

Insbesondere gilt dies hinsichtlich der Massenhemmung; die Dämpfungshemmung darf nicht zu klein werden, da sonst Einschwingverzerrungen entstehen würden.

1 mehrgliedriges Filter 2 zur Dämpfung benutzte Aluminiumfolie

Abb. 14. Ansicht eines älteren Schreibers.

Um die Bewegung des zweiten Gliedes möglichst gleich der des ersten zu machen, ergibt sich aus Formel (15) die Bedingung

$$N_1 \ll \frac{x_1}{k_2}; \qquad (20)$$

dies erfordert, daß die Nachgiebigkeit möglichst klein ist, da die Durchbiegung und damit die Verminderung der Bewegung des Schreibstifthalters gegenüber der des Ankers um so geringer sind, je starrer das System des Ankers ist. In gleicher Weise gilt dies für die Übertragung von Kraft und Bewegung des Schreibstifthalters auf die Dämpfungskopplung; die Frequenzunabhängigkeit der Arbeitsweise erfordert also die Erfüllung der Bedingung

$$\omega_h \ll \begin{cases} \omega_{0_1} = \dfrac{1}{\sqrt{M_1 N_1}} \\ \omega_{0_2} \approx \dfrac{1}{\sqrt{M_2 N_2}} \\ \omega_{0_3} = \dfrac{1}{\sqrt{M_3 N_3}} \end{cases} \qquad (21)$$

Der den Schreiber repräsentierende Kettenleiter ist für die unterhalb der Eigenschwingung der einzelnen Glieder liegenden Frequenzen durchlässig.

Wir haben noch den Einfluß der Dämpfungswiderstände der einzelnen Glieder des äquivalenten Kettenleiters zu untersuchen. Dies ist sowohl mit Rücksicht auf die Vermeidung von Frequenzunabhängigkeiten, insbesondere in der Umgebung der Resonanzfrequenz, die kaum außerhalb des Hörbereiches gelegt werden kann, als auch wegen der Vermeidung von Einschwingverzerrungen von Wichtigkeit. Da die Dämpfungswiderstände je nach der Art, wie die Dämpfung bewirkt wird, auch auf die Amplitudenabhängigkeit der einzelnen Nachgiebigkeiten von Einfluß sein können, so kann man sagen, daß das gesamte Problem des Schreibers zum nicht geringsten Teil ein Problem der zweckmäßigsten Dämpfung ist.

Die Größe der Dämpfung der einzelnen Glieder ist zunächst bestimmt durch deren innere Reibung, also durch Materialeigenschaften. Man benutzte hier früher Mittel, die sich durch eine Reihe von gedämpften Kettenleitern darstellen ließen. Einen solchen Schreiber zeigt die Abb. 14. Die Anwendung solcher verhältnismäßig komplizierter Mittel war begründet durch die Tatsache, daß die meisten bekannten mechanischen Dämpfungsmittel Massen und Nachgiebigkeitskomponenten besaßen und so frequenz- und evtl. auch amplitudenabhängig waren. Bei Benutzung einer genügend vielgliedrigen Kette zur Dämpfung konnten solche unvollständigen Dämpfungsmittel benutzt werden, die trotzdem einen über den gewünschten Frequenzbereich genügend reinen Eingangswiderstand hatten und daher Reflexionsverzerrungen ausschlossen, die dadurch entstanden, daß die Schwingungen nicht völlig absorbiert, sondern teilweise reflektiert wurden und an den Anfang zurückkehrten.

Abb. 15. Frequenzcharakteristik des in Abb. 5 wiedergegebenen Schreibers.

Bei dem in Abb. 5 wiedergegebenen Schreiber ist zur Dämpfung Gummi benutzt. Die Frequenzcharakteristik dieses Schreibers ist in der Abb. 15 wiedergegeben[9], die Dämpfung der einzelnen Glieder des Kettenleiters ist hier nur durch ihre innere Reibung bewirkt. Das ist nun aber meist nicht ausreichend, wie z. B. aus der Frequenzcharakteristik eines ebenfalls nur durch einen Abschlußwiderstand gedämpften Schreibers hervorgeht, wie sie die Abb. 16 zeigt; es ist vielmehr erforderlich, die einzelnen Glieder besonders zu dämpfen, da sonst nicht nur der Abb. 16 entsprechende Frequenzabhängigkeiten, sondern auch Einschwingverzerrungen entstehen. Bei Schwingungen in der Umgebung der Resonanzfrequenz entstehen hier Schwebungen, die infolge der geringen Dämpfung einmal nicht genügend schnell abklingen und weiterhin auch zu Verzerrungen durch Kombinationstonbildung führen. Man muß daher, um dies zu vermeiden, für eine besondere Dämpfung der Einzelglieder sorgen, die bewirkt, daß die Zeitkonstante der einzelnen Glieder

Abb. 16. Frequenzcharakteristik eines ungünstig bemessenen Schreibers mit starker Resonanzwirkung.

$$\tau = \frac{2M}{R} \qquad (22)$$

ausreichend klein ist. Eine besondere Dämpfung kann auf verschiedene Weise bewirkt werden, vielfach wird sie dadurch erreicht, daß der ganze Schreiber in einer Ölfüllung arbeitet. Die Größe der Dämpfung wird dann durch die Viskosität des Öls bestimmt. Die Frequenzabhängigkeit eines solchen ölgedämpften Schreibers zeigt Abb. 17.

Die Aufnahme der Frequenzcharakteristiken von Schreibern erfolgt am einfachsten nach einem erstmalig von G. Buchmann und E. Meyer veröffentlichten Verfahren[10], welches allerdings bereits früher in England prak-

[9] Entnommen aus J. P. Maxfield und H. C. Harrison, Bell Syst. Techn. Journ. Bd. 8, S. 159 (1929).

[10] G. Buchmann u. E. Meyer, El. Nachr.-Techn. Bd. 7, S. 14 (1930).

tisch angewandt wurde. Um die betriebsmäßige Frequenzcharakteristik des Schreibers aufzunehmen, beschickt man den zur Betätigung des Schreibers benutzten Verstärker mit konstanter Wechselspannung, deren Frequenz kontinuierlich den ganzen zu prüfenden Frequenzbereich durchläuft. Die Breite des durch Reflexion parallel auffallenden Lichtes an den Wänden der eingezeichneten Rillen entstehenden Lichtbandes gibt dann direkt die Geschwindigkeitsamplitude an. Dies ist aus der Abb. 18 erkenntlich, der Schreiber ist hier von der Außenseite der Platte nach innen geführt. Wird die Platte stark nach der Mitte zu beschrieben, so ist es aus den früher angegebenen Gründen vorteilhafter, die Frequenzcharakteristik so aufzunehmen, daß die Einzeichnung der Rillen nicht von der Außenseite der Platte beginnt, sondern von innen nach außer erfolgt, wobei die Frequenz konstant zunimmt. In Abb. 19 ist noch die äußere Ansicht eines neueren Schreibers wiedergegeben, dessen System Abb. 20 zeigt.

Abb. 17. Frequenzcharakteristik eines ölgedämpften Schreibers.

Abb. 18. Frequenzabhängigkeit eines Schreibers als Breite des reflektierten Lichtbandes einer mit zunehmender Frequenz beschriebenen Schallplatte.

Abb. 19. Neuzeitlicher Tonschreiber.

Abb. 20. System des in Abb. 19 wiedergegebenen Schreibers.

Betrachten wir nun noch die Frequenzabhängigkeit der an den Abschlußwiderstand R_3 abgegebenen Leistung; diese ist gegeben zu

$$N_m = \frac{V_3^2}{2} R_3. \tag{23}$$

Sind die Bedingungen Gl. (21) erfüllt und ist der Abschlußwiderstand ausreichend groß, so kann man Gl. (23) auch schreiben

$$N_m = \frac{K^2}{2} \frac{R_3}{R_3^2 + \frac{1}{\omega^2 N_3^2}}. \tag{24}$$

Die Frequenzabhängigkeit der abgegebenen Leistung erfordert dann noch, daß

$$R_3 \gg \frac{1}{\omega N_3}, \tag{25}$$

also vorwiegende Dämpfungshemmung vorliegt, wie schon in Gl. (8) angegeben. Die abgegebene Leistung ist dann bestimmt zu

$$N_m = \frac{K^2}{2} \cdot \frac{1}{R_3}. \tag{26}$$

Bei tiefen Frequenzen kann die Bedingung Gl. (25) nicht mehr erfüllt werden, weshalb hier ein Abfall der Frequenzcharakteristik festzustellen ist, der ja auch aus den oben angegebenen Schreibercharakteristiken zu erkennen ist. Bei tiefen Frequenzen wird also mit konstanter Bewegungsamplitude geschnitten. Dies ist aber ja auch mit Rücksicht auf den maximal zulässigen Rillenabstand erwünscht. Eine Entzerrung dieser Frequenzabhängigkeit kann dann bei der Wiedergabe erfolgen und erfolgt hier auch meist schon durch die Frequenzabhängigkeit des Tonabnehmers.

In Abb. 21 sind noch die wesentlichsten Teile der Schreibapparatur wiedergegeben nebst einem zu Kontrollzwecken benutzbaren Tonabnehmer, der ein unmittelbares Abhören der bespielten Wachsplatte gestattet. Abb. 22 zeigt schließlich die Gesamtansicht einer neuzeitlichen Aufnahmemaschine, wie sie meist benutzt wird. Eine andere Aufnahmemaschine nebst Schreibeinrichtung zeigt Abb. 23, während in Abb. 24 noch ein Aufnahmeverstärker wiedergegeben ist.

Wir betrachten nun noch die elektrisch wirksamen Größen eines Tonschreibers und seinen Wirkungsgrad.

4. Die elektrischen Eigenschaften.

Nimmt man an, daß der permanente Magnetismus des Schreibermagneten durch einen fiktiven Gleichstrom von der Größe I_0 verursacht ist, und ist der Wechselstrom gegeben zu $i = \mathfrak{J} \sin \omega t$, so sind die auf den Anker wirkenden Kräfte bei Anwendung eines symmetrisch wirkenden doppelseitigen Systems

$$\left.\begin{array}{l} k_1 = c\,(I_0 + \mathfrak{J} \sin \omega t) \\ k_2 = c\,(I_0 - \mathfrak{J} \sin \omega t) \end{array}\right\}; \tag{27}$$

hierbei ist

$$c = \frac{1}{2} \cdot 0{,}451 \cdot \left(\frac{W}{d}\right)^2 F \cdot 10^{-8}, \tag{28}$$

1 Kontroll-Tonabnehmer
2 Tonschreiber
3 Hebel zum Einstellen des Schreibers
4 Kontrollmikroskop
5 Rohr zum Absaugen der beim Schreiben entstehenden Wachsspäne

Abb. 21. Neuzeitliche Schreibeinrichtung.

die resultierende Kraft ist gegeben zu

$$k = k_1 - k_2 = 4\,c\,I_0\,\mathfrak{J}\sin\omega t. \tag{29}$$

Setzt man noch

$$C = 4\,c\,I_0, \tag{30}$$

so ist die angreifende Kraft gegeben zu

$$K = C\,|\mathfrak{J}|. \tag{31}$$

Abb. 22. Vollständige Schreibeinrichtung (System Neumann).

Unter Berücksichtigung von Gl. (26) ist dann die an den Abschlußwiderstand abgegebene Leistung

$$N_m = \frac{|\mathfrak{J}|^2}{2}\,\frac{C^2}{R_3}. \tag{32}$$

Der elektrische Betriebswiderstand der mechanischen Teile des hier untersuchten Schreibers ist dann gegeben zu

$$R_B = \frac{C^2}{R_3}. \tag{33}$$

Abb. 23. Vollständige Schreibeinrichtung (System Reiß).

Die vom Schreiber aufgenommene elektrische Wirkleistung wird unter Berücksichtigung des Verlustwiderstandes der Schreiberspulen R

$$N_e = \frac{|\mathfrak{J}|^2}{2}\left(R + \frac{C^2}{R_3}\right). \tag{34}$$

Der Wirkungsgrad ist dementsprechend

$$\eta = \frac{N_m}{N_e} = \frac{C^2}{C^2 + R\,R_3}. \tag{35}$$

Der Widerstand im mechanischen System wirkt also elektrisch als Leitwert; dies ist ja auch natürlich, denn wenn die Bewegung des Systems völlig abgebremst wird, der mechanische Dämpfungswiderstand also unendlich groß wird, verschwindet in Gl. (34) das zweite Glied, d. h. es wird nur noch die reine elektrische Verlustleistung aufgenommen und in Wärme umgesetzt.

Die am Schreiber liegende Wechselspannung ist gegeben zu

$$\mathfrak{U} = \mathfrak{J}\left(j\,\omega L + R + \frac{C^2}{R_3}\right), \tag{36}$$

wobei L die Induktivität der Schreiberspulen ist. Wir erhalten dementsprechend das in Abb. 25 wiedergegebene elektrische Ersatzbild für den Schreiber[11].

Abb. 24. Bei der Aufnahme benutzter Verstärker (System Reiß).

Aus dem Ersatzbild folgt unter Berücksichtigung des Verstärkerausgangskreises die Bedingung

$$R + u^2 R_i + \frac{C^2}{R_3} \gg \omega\,(L + \sigma L_2). \tag{37}$$

Abb. 25. Elektrisches Ersatzbild eines Schreibers.

Abb. 27. Äquivalentes Ersatzbild des mechanischen Systems eines Tonabnehmers entspr. Abb. 26.

Die Erfüllung dieser Bedingung wird evtl. schwierig für hohe Frequenzen, jedoch bietet hier u. U. der Einfluß der mechanischen Resonanzen einen Ausgleich, andernfalls muß gegebenenfalls von geeigneten Entzerrungsmitteln Gebrauch gemacht werden. Da der Betriebswiderstand der mechanisch bewegten Teile klein ist, so muß die Erfüllung der Bedingung Gl. (37) durch ausreichenden ohmschen Widerstand im Gesamtkreis erreicht werden. Dies kann besonders auch durch Anwendung von Schutznetz-Fanggitter-Endröhren im Aufnahmeverstärker erreicht werden.

Abb. 26. Schema des mechanischen Systems eines elektromagnetischen Tonabnehmers.

Das Übersetzungsverhältnis des Ausgangstransformators ergibt sich bei einem durch die verwendeten Röhren bestimmten wirksamen Widerstand[12] in deren Anodenkreis R_a zu

$$u = \sqrt{\frac{(R_B + R)}{R_a}} \approx \sqrt{\frac{R}{R_a}}. \tag{38}$$

Wir haben nunmehr die bei der Schallplattenaufnahme wichtigsten Momente untersucht und gehen zur Besprechung der zur Wiedergabe erforderlichen Tonabnehmer über.

C. Tonabnehmer.

1. Das mechanische System.

Die Organe, mit denen bei der Schallplattenwiedergabe die Abtastung der Schallplatte erfolgt, nennt man Tonabnehmer. Ebenso wie bei Tonschreibern wird auch hier fast ausschließlich vom elektromagnetischen Prinzip Gebrauch gemacht, so daß wir uns auf dieses beschränken können.

[11] Vgl. a. W. Hahnemann u. H. Hecht, Phys. Z. Bd. 21, S. 264 (1920).

[12] Vgl. A. Forstmann, ETZ 1931, S. 957.

Durch die Bewegung des Ankers, hervorgerufen durch die die Platte abtastende Nadel, wird eine Flußänderung im Anker erzeugt, die ihrerseits eine Spannung an den Enden der Spule des Tonabnehmers verursacht, die nach dem Induktionsgesetz gegeben ist zu

$$U = -w \frac{d\Phi}{dt} \cdot 10^{-8} = -c \frac{dx_A}{dt} \cdot 10^{-8}; \qquad (39)$$

sie soll der auf der Platte aufgezeichneten Wellenschrift nach Frequenz und Amplitude proportional sein. Die hierbei zu beachtenden Momente sind praktisch durch die mechanisch zu stellenden Forderungen bestimmt, so daß wir uns diesen zuwenden wollen.

Wir legen unseren Betrachtungen das in der Abb. 26 im schematischen Schnitt wiedergegebene mechanisch bewegte System eines Tonabnehmers zugrunde[13]. Hier ist N_N die Nachgiebigkeit der Nadel, M die Masse des Ankers, N_A seine resultierende Nachgiebigkeit, die durch Materialeigenschaften und den Einfluß der Gummipufferung und teilweise durch den Einfluß der Magnetisierung bestimmt ist. Das bewegte System ist, wie unschwer zu erkennen, ein Hebel mit den Armen $l_N =$ Entfernung Nadelspitze—Drehpunkt und $l_A =$ Entfernung Drehpunkt—Ankerende, bei dem die Kraft am Ende des Hebelarmes l_N angreift.

Betrachten wir die dem Anker erteilte Bewegung bei einer der Nadelspitze erteilten Bewegung x_N, so ist diese gegeben als die Differenz aus der Verschiebung der Nadelspitze und der Durchbiegung der Nadelspitze infolge ihrer Nachgiebigkeit, wobei die Ankerbewegung entsprechend dem Verhältnis der Hebelarmlängen größer oder kleiner ist. Wir erhalten demnach für die Verschiebung des Ankerendes die Beziehung

$$x_A = \frac{l_A}{l_N}(x_N - k\,N_N). \qquad (40)$$

[13] Vgl. A. Forstmann, El. Nachr.-Techn. Bd. 7, S. 426 (1930).

Hieraus ergibt sich für die angreifende Kraft die Beziehung

$$k = \frac{x_N - \frac{l_N}{l_A} x_A}{N_N} \qquad (41)$$

und unter Berücksichtigung dieses Ausdruckes die Größe des Antriebs zu

$$k\,l_N = l_N \frac{x_N - \frac{l_N}{l_A} x_A}{N_N}. \qquad (42)$$

Es ist weiterhin

$$k = \frac{l_A}{l_N}\left(M \frac{d^2 x_A}{dt^2} + R \frac{dx_A}{dt} + \frac{x_A}{N_A}\right). \qquad (43)$$

Wir erhalten also bei entsprechender Berücksichtigung von Gl. (40) und (43) die Beziehungen für die Kräfte:

$$\left.\begin{aligned} k &= \frac{x_N - \frac{l_N}{l_A} x_A}{N_N} \\ M \frac{d^2 x_A}{dt^2} + R \frac{dx_A}{dt} &+ \frac{x_A}{N_A} + \left(\frac{l_N}{l_A}\right)^2 \frac{x_A}{N_N} - \left(\frac{l_N}{l_A}\right) \frac{x_N}{N_N} = 0. \end{aligned}\right\} \qquad (44)$$

Unter Annahme sinusförmiger Funktionen und eingeschwungener Zustände erhalten wir hieraus

$$\left.\begin{aligned} k &= \frac{v_N}{j\omega N_N} - \frac{l_N}{l_A} \frac{v_A}{j\omega N_A} \\ v_A\left[j\omega M + R + \left(\frac{l_N}{l_A}\right)^2 \frac{1}{j\omega N_N} + \frac{1}{j\omega N_A}\right] &- \frac{l_N}{l_A} \frac{v_N}{j\omega N_N} = 0. \end{aligned}\right\} \qquad (45)$$

Für das in Abb. 26 wiedergegebene System des Tonabnehmers können wir also das in Abb. 27 dargestellte äquivalente Ersatzbild angeben. *(Schluß folgt.)*

Die Wahl der nach Art und Größe zweckmäßigsten Spitzenkraftquelle.

(Mitteilungen aus dem Lehrfach für Elektrizitätswirtschaft an der T. H. Berlin.)

Von Dipl.-Ing. **E. M. v. Livonius** und Dipl.-Ing. **H. Wolle**, Charlottenburg.

(Schluß von S. 1093.)

Die sekundären Spitzenkraftwerke.

Während die genannten Spitzenkraftwerke selbständige Krafterzeuger sind, die unabhängig vom Grundwerk im Bedarfsfall in Tätigkeit treten, sind die Speicherkraftwerke als „sekundäre Kraftwerke" mit dem Grundwerk, von dem sie die Energie zunächst beziehen, untrennbar verbunden. Allen Speicherwerken ist eigentümlich, daß ihre Größe nicht nur durch die Leistung ihrer Maschinen bestimmt ist, sondern auch durch die Kapazität, d. h. die Anzahl der Kilowattstunden, die sie aufzuspeichern imstande sind. Ein Maß für die Kapazität J [kWh] einer solchen Anlage ist die Vollastentladedauer t [Std.], d. i. die Zeit, während welcher dem vollaufgeladenen Speicher die Volllastleistung S [kW] entnommen werden kann; es ist also $J = S \cdot t$.

Man kann daher bei den Anlageteilen eines Speicherwerks unterscheiden zwischen solchen, die nur von der Spitzenleistung S abhängig sind (Maschinen, Gebäude, Rohrleitungen), und solchen, deren Größe außerdem durch die Vollastentladedauer bestimmt ist (Speicherbehälter). Infolgedessen eignen sich Speicheranlagen besonders gut dort, wo kurze Vollastentladedauern gefordert werden, also zum Ausfahren schmaler Belastungsspitzen, weil dann die Anlagekosten für die Speicherbehälter sehr niedrig sind (vgl. Abb. 7, die Preise für die Speicher in Abhängigkeit von der Vollastentladedauer). Weiter gilt für alle sekundären Werke, daß für die Speicher keine Reserven erforderlich sind, da diese keiner großen Abnutzung unterliegen. Aus dem gleichen Grunde verringern sich die Quoten für Reparaturen und Abschreibungen.

Bei den Ruthsspeicherwerken erfolgt die Speicherung der Energie in Form von Dampf; die Wirkungsweise derartiger Anlagen darf als bekannt vorausgesetzt werden. Neuere Anlagen arbeiten meist mit einem Anfangsdruck von 14 ata bei geladenem Speicher, während der Enddruck nach erfolgter Entladung 0,5 ... 1 ata beträgt (je größer das Druckverhältnis ist, desto kleiner werden bei gleicher Kapazität die Speicher, desto höher wird aber auch der mittlere Dampfverbrauch der Turbinen); diese großen Druckunterschiede machen allerdings die Verwendung von Spezialturbinen erforderlich. Bei einem normalen Kesseldruck von 30 atü wird der Dampf i. a. in einer Gegendruckturbine auf 14 ata entspannt oder nötigenfalls durch ein Reduzierventil gedrosselt.

RM/kW
400
300
200
100
Spezifische Anlagekosten
Vollastentladedauer
1 2 3 4h
1 2 3

1 Ruthsspeicher 2 Pumpspeicherbecken 3 Akkumulatorenbatterie

Abb. 6. Spezifische Anlagekosten der Speicher in Abhängigkeit von der Vollastentladedauer.

Die Planung eines Speicherwerks kann nur im Anschluß an den Verlauf der Belastungskurve am Tage der Höchstlast vorgenommen werden. (Es wurde hier die Höchstlastkurve der BEWAG vom Jahre 1928 zugrunde gelegt, die aus mehreren Veröffentlichungen[6] bekannt ist.) Die Kapazität des Werks muß so groß sein, daß die durch die abgeschnittene Spitzenfläche dargestellte Arbeit J vom Speicher ohne Zwischenladung hergegeben werden kann (vgl. Zahlentafel 3, wo für die verschiedenen Größen des Spitzenwerks die erforderlichen Vollastentladedauern angegeben sind). Die spezifischen Anlagekosten (a_1 für den maschinellen Teil, a_2

[6] Jahrbuch der Verkehrsdirektion 1928. Veröffentlichungen der BEWAG, Reihe II, Bd. 8.

für die Behälter) sind in Abb. 4 bzw. 6 dargestellt; sie gründen sich unter anderm auf die bekannten Zahlen für das Kraftwerk Charlottenburg, das bei einer Leistung von 40 MW und einer Vollastentladedauer von 1,7 h 203 RM/kW gekostet hat[7]. Die Kapitaldienstquote hat für die Maschinenanlage mit 19 % etwa dieselbe Höhe wie für das Dieselwerk; für die Behälter stellt sie sich mit Rücksicht auf die geringeren Reparatur- und Bedienungskosten nur auf 16,5 %. Eine längere Lebensdauer als 12 Jahre wurde auch für die Behälter mit Rücksicht auf das technische Veralten nicht angesetzt, da gerade diese Anlagen noch zu sehr am Beginn ihrer Entwicklung stehen. Die gesamten festen Kosten gibt Zahlentafel 3 wieder.

Zahlentafel 3. Gesamte Jahreskosten bei Spitzendeckung durch ein Ruthswerk.

Annahme: Reservefaktor $r_1 = 1{,}33$, Kapitaldienstquote $p_1 = 19\,\%$ (Masch.-Teil); Reservefaktor $r_2 = 1$, Kapitaldienstquote $p_2 = 16{,}5\,\%$ (Speicher).

Spitzenleistung S_s	Vollastentladedauer t	spezifische Anlagekosten		jährliche feste Kosten		jährliche Brennstoffkosten K_B	gesamte Jahreskosten	
		Maschinen a_1	Speicher a_2	K_{f_1}	K_{f_2}		Speicherwerk K_s	Speicher plus Grundwerk K
MW	h	RM/kW		1000 RM		1000 RM	1000 RM	
0	—	—	—	—	—	—	—	11 240
10	1,2	165	42	420	70	10	500	11 010
20	2,2	155	·77	785	255	30	1070	10 830
30	2,8	152	98	1155	485	90	1730	10 710
40	4,6	150	160	1520	1060	220	2800	10 950

Da die Speicherbehälter Sattdampf, und noch dazu bei niedrigen und stark veränderlichen Drücken, abgeben, ist der Wirkungsgrad der Speicherturbinen gering. Nach der genannten Quelle beträgt der mittlere Verbrauch der Charlottenburger Anlage beim Ausfahren einer Dreieckspitze etwa 9,1 kg/kWh. Da die Kessel beim Laden der Speicher in der Regel gut belastet sind, kann mit einem Wärmeaufwand von 770 kcal/kg Dampf (bei 84 % Kesselwirkungsgrad) gerechnet werden; es sind dann 7000 kcal je kWh erforderlich, bzw. bei einem Kohlenpreis von $0{,}3 \cdot 10^{-3}$ Pf/kcal sind 2,1 Pf/kWh aufzuwenden. Für die jeweiligen Spitzenwerke ergeben sich dann entsprechend der geleisteten Jahresarbeit die in Zahlentafel 3 verzeichneten Brennstoffkosten.

Bei dieser Art der Berechnung ist die Tatsache nicht berücksichtigt, daß durch die Auffüllung der Belastungstäler infolge der Dampfabgabe an die Speicher eine gleichmäßigere Belastung und damit eine Verbesserung des Wirkungsgrades der Kessel eintritt. Es zeigt sich nämlich, daß dies nur während der kurzen Zeit der winterlichen Höchstbelastung der Fall ist, während im übrigen Teil des Jahres das Belastungsbild durch das Aufladen der Speicher keine Änderung erfährt. So ergibt die genaue Durchrechnung, daß sich beispielsweise für ein 70 MW-Grundwerk der Belastungsfaktor auf 0,50 stellt, wenn die Spitze durch Diesel gedeckt wird. Bei Deckung der Spitze durch ein Speicherwerk erhält man einen Belastungsfaktor von 0,51; nach Abb. 3 ergäbe das eine Verringerung des Brennstoffverbrauchs um 0,2 %. Wenn es also zuweilen als ein großer Vorzug der Speicherwerke gegenüber den selbständigen Spitzenwerken angesprochen wird, daß sie nicht nur die Spitze abschneiden, sondern auch noch die Täler auffüllen, so muß demgegenüber darauf hingewiesen werden, daß diese Tatsache für die allgemeine Elektrizitätsversorgung ziemlich ohne Bedeutung ist (bei Bahnkraftwerken und manchen Industriekraftwerken liegt der Fall anders).

Entsprechend wie vorher beim Dieselwerk wird nun aus den festen Kosten und den Brennstoffkosten die Kostenlinie entworfen (Abb. 7, Linie 2). Für die Speicherwerke kann diese nur bis zu einer Höchstleistung von etwa 40 MW gezeichnet werden, da bei größeren Speicheranlagen die Kessel des Grundwerks im Winter nicht mehr imstande wären, die Speicher innerhalb eines Tages soweit aufzuladen, daß das Speicherwerk am folgenden Tage die gesamte verlangte Spitzenarbeit liefern könnte. Der Verlauf der Kostenlinie zeigt, daß bei kleinen Spitzenanlagen die Jahreskosten für das Ruthswerk geringer sind als für das Dieselwerk, da die geringe Vollastentladedauer niedrigere Anlagekosten bedingt. Dagegen ist das Minimum an Kosten, das bei einer Größe des Werkes von 30 MW liegt, etwas ungünstiger als beim Dieselwerk.

[7] W. E. Wellmann, Z. VDI Bd. 74, S. 743 (1930).

Das Pumpspeicherwerk stellt die zweite Art von Speicher-Spitzenkraftquellen dar. Die große Schwierigkeit, ein solches hydraulisches Speicherwerk in unsere Vergleichsrechnung einzubeziehen, besteht darin, daß es hier gänzlich unmöglich ist, die Höhe der Anlagekosten so anzugeben, daß sie allen in Frage kommenden Möglichkeiten einigermaßen gerecht werden. Bei allen übrigen Arten von Anlagen ist es möglich, einigermaßen allgemeingültige Preise anzugeben, wogegen bei den Pumpwerken zahlreiche rein örtlich bedingte Faktoren maßgebend sind, die die Höhe der jeweiligen Anlagekosten ausschlaggebend beeinflussen. Hier ist in erster Linie der Einfluß des zur Verfügung stehenden Gefälles zu nennen, da bei großem Gefälle eine kleinere Beckenanlage genügt. Auch die spezifischen Kosten für das Becken sind vollständig von der Art des Geländes abhängig; denn naturgemäß sind die Ausbaukosten geringer, wenn ein vorhandener See Verwendung finden oder die Anlage des Beckens mit dem Bau einer Talsperre verbunden werden kann, als wenn ein neues Becken erstellt werden muß. In manchen Fällen wird auch der Bau eines unteren Gegenbeckens erforderlich, um den Lauf eines Flusses nicht durch plötzliche Entnahme oder Abgabe großer Wassermengen zu stören. Ferner ist die Entfernung des Speicherwerkes vom Versorgungsgebiet von besonderer Bedeutung, da die Rentabilität eines billig angelegten Werkes schon durch die Notwendigkeit einer mäßig langen Fernleitung in Frage gestellt werden kann. Es erweist sich daher als unerläßlich, einige bestimmte Voraussetzungen bezüglich der Lage des Werkes zu machen, im übrigen aber mit Mittelwerten zu rechnen. Für wesentlich anders gelagerte Fälle kann sich dann naturgemäß eine erhebliche Verschiebung nach der einen oder anderen Seite ergeben.

1 Spitzendeckung durch Dieselwerk
2 „ „ Ruthswerk
3 „ „ Pumpwerk am Ort
3' „ „ „ in 25 km Entfernung
4 „ „ Batteriewerk
4' „ „ „ unter Berücksichtigung der Ersparnisse

Abb. 7. Kostenlinien der verschiedenen Kombinationen.

So soll zunächst angenommen werden, daß das Werk in unmittelbarer Nähe des Versorgungsgebietes erstellt werden kann bei einem nutzbaren Gefälle von 150 m; dieser Wert entspricht ungefähr den Gefällshöhen der in letzter Zeit gebauten Werke (Niederwartha 143 m, Herdecke 160 m). Die Anlagekosten für den von der Vollastentladedauer unabhängigen Teil der Anlage (Maschinen, Rohrleitungen) finden sich in Abb. 5, wobei zu bemerken ist, daß sich auch bei einer bestimmten Gefällshöhe die Kosten für die Rohrleitung nicht genau angeben lassen, da bei einem steilen Abfall des Geländes die Länge der Leitung und damit ihr Preis erheblich geringer sind als bei flachem Abfall.

Der erforderliche Inhalt des Beckens W [m³] ergibt sich aus der Formel

$$W = \frac{S\,t \,.\, 370}{H\,\eta},$$

wobei S die Spitzenleistung in kW, t die Vollastentladedauer in Stunden, H die Gefällshöhe in m, η der Wirkungsgrad beim Entladen des Beckens sind, während der Faktor 370 die Beziehung zwischen diesen Dimensionen herstellt,

$$\text{d. h.:}\quad \frac{3600\ [\mathrm{s/h}]\,.\,102\left[\frac{\mathrm{mkg}}{\mathrm{s}}\Big/\mathrm{kW}\right]}{1000\ [\mathrm{kg/m^3}]} = 370\left[\frac{\mathrm{s\ m\ kg\ m^3}}{\mathrm{h\ s\ kW\ kg}}\right].$$

Für die Anlage des Beckens wird ein mittlerer Preis von 8 RM/m³ in Rechnung gestellt. Da die Gefällshöhe, wie erwähnt, 150 m betragen soll, der Wirkungsgrad η mit 79 % angenommen werden kann, lassen sich auf Grund dieser Formel die Kosten je installiertes Kilowatt in Abhängigkeit von der Vollastentladedauer angeben (vgl. Abb. 6).

Die Kapitaldienstquote für den maschinellen Teil ist infolge der geringen Reparaturkosten mit 17,5 % etwas niedriger als bei den andern Werken anzusetzen. Obwohl die Lebensdauer des Speicherbeckens an sich nahezu unbegrenzt ist, wird sie doch in bezug auf die Abschreibung auf 25 Jahre festgesetzt, mit Rücksicht darauf, daß es heute noch nicht abzusehen ist, ob nach einem so langen Zeitraum noch ein Bedürfnis für derartige Spitzenanlagen besteht; daher beträgt die Gesamtquote 12 %. Die Aufstellung der festen Kosten findet sich in Zahlentafel 4.

Zahlentafel 4. Gesamte Jahreskosten bei Spitzendeckung durch ein Pumpspeicherwerk.

Annahme: Reservefaktor $r_1 = 1{,}33$, Kapitaldienstquote $p_1 = 17{,}5\,\%$ (Masch.-Teil); Reservefaktor $r_2 = 1$, Kapitaldienstquote $p_2 = 12\,\%$ (Speicher).

Spitzenleistung S_s	Vollastentladedauer t	spezifische Anlagekosten		jährliche feste Kosten		jährliche Brennstoffkosten K_B	gesamte Jahreskosten	
		Maschinen a_1	Speicher a_2	K_{f_1}	K_{f_2}		Speicherwerk K_s	Speicher plus Grundwerk K
MW	h	RM/kW		1000 RM		1000 RM	1000 RM	
0	—	—	—	—	—	—	—	11 240
10	1,2	200	30	465	35	10	510	11 020
20	2,2	180	55	835	130	25	990	10 750
30	2,8	170	70	1190	260	80	1530	10 510
40	4,6	165	115	1540	560	200	2300	10 450

verspricht als die anderen Spitzenwerke, allerdings unter der für unser Land unwahrscheinlichen Voraussetzung der Möglichkeit, die Anlage unmittelbar am Rande des Stadtgebietes zu errichten. Um auch einen eher im Bereich des Möglichen liegenden Fall zu berücksichtigen, wurde für das gleiche Werk eine zweite Kostenlinie gezeichnet (Abb. 7, Linie 3′) unter der Annahme, daß sich das Werk 25 km von dem Versorgungsgebiet entfernt befindet. Man sieht, daß unter diesen Umständen die Überlegenheit des Pumpspeicherwerkes geschwunden ist und sich die Kosten infolge der Verteuerung durch Umspann- und Fortleitungsanlagen etwa auf der Höhe der anderen Werke halten.

Bei den Batteriewerken sind die von der Vollastentladedauer abhängigen Anlagekosten, also diejenigen für die Akkumulatorenbatterie, sehr hoch, wie Abb. 6 zeigt, infolgedessen sind derartige Werke nur für kleine Vollastentladedauern wirtschaftlich. Bei Versorgung eines Gleichstromnetzes ist außer der Batterie nur die Schaltanlage (Zellenschalter) zu erstellen, während die in unserem Beispiel vorgesehene Belieferung eines Drehstromgebietes noch die Aufstellung besonderer Umformer (Motorgeneratoren) erfordert. Die entsprechenden Anlagekosten (einschl. Schaltanlage, Gebäude) gibt Abb. 4 (S. 1092) wieder.

Die Akkumulatorenbatterien bedürfen bekanntlich ständiger Wartung und Instandhaltung; hierfür sind jährlich etwa 4,5 % des Anschaffungspreises aufzuwenden. Da diese Pflege gleichzeitig eine ständige Erneuerung in sich schließt, kann mit einer längeren Lebensdauer, mit 15 Jahren, gerechnet werden. Infolge des hohen Altwertes der Bleiplatten, der mit etwa 20 % des Neupreises anzusetzen ist, ermäßigt sich die Abschreibungsquote auf 4 %, so daß die Gesamtquote für die Batterien 18 % beträgt. Für den maschinellen Teil, dessen Lebensdauer mit 12 Jahren bemessen ist, ergibt sich eine Quote von 17 % (feste Kosten s. Zahlentafel 5).

Der Wirkungsgrad der Umformer beträgt im Mittel 90 %[8], der der Batterien 75 %, u. zw. unabhängig von der Belastung. Der gesamte Speicherungswirkungsgrad $\eta_s = 0{,}90 \cdot 0{,}75 = 61\,\%$ hat also fast genau die gleiche Höhe wie beim Pumpspeicherwerk; es ergeben sich hier mithin die gleichen Brennstoffkosten wie dort.

Die Kostenlinie (Abb. 7, Linie 4) weist nur bei kleinen Leistungen Ersparnisse auf, während schon bei etwa 20 MW die Kosten größer werden als bei reinem Grundwerksbetrieb. Auf den ersten Blick erscheint also das Batteriewerk gänzlich unwirtschaftlich. Nun ist aber zu berücksichtigen, daß sämtliche bisher behandelten Spitzenkraftwerke am Rande oder außerhalb der Stadt liegen müssen (mit Ausnahme des Dieselwerkes, das unter Umständen auch in weniger dicht besiedelten Außenbezirken der Stadt Aufstellung finden kann). Batteriewerke hingegen können

Zahlentafel 5. Gesamte Jahreskosten bei Spitzendeckung durch ein Batteriewerk.

Annahme: Reservefaktor $r_1 = 1{,}33$, Kapitaldienstquote $p_1 = 17\,\%$ (Masch.-Teil), Reservefaktor $r_2 = 1$, Kapitaldienstquote $p_2 = 18\,\%$ (Batterie).

Spitzenleistung S_s	Vollastentladedauer t	spezifische Anlagekosten		jährliche feste Kosten		jährliche Brennstoffkosten K_B	gesamte Jahreskosten		Ersparnis an Verteilungskosten K_v	resultierende Jahreskosten K_1
		Maschinen a_1	Speicher a_2	K_{f_1}	K_{f_2}		Speicherwerk K_s	Speicher plus Grundwerk K		
MW	h	RM/kW		1000 RM		1000 RM	1000 RM		1000 RM/Jahr	
0	—	—	—	—	—	—	—	11 240	—	11 240
10	1,2	120	190	270	340	10	620	11 130	180	10 950
20	2,2	110	275	495	990	25	1510	11 270	360	10 910
30	2,8	108	320	735	1725	80	2540	11 520	540	10 980
40	4,6	105	430	950	3100	200	4250	12 400	720	11 680

Der Wirkungsgrad der Anlage beim Entladen war mit 79 % angegeben, der Ladewirkungsgrad stellt sich auf rd. 76 %, so daß der gesamte Speicherungswirkungsgrad $0{,}79 \cdot 0{,}76 = 60\,\%$ beträgt. Da die Aufladung des Speichers die Maschinen gut belastet, kann mit einem Wärmeverbrauch von 3800 kcal/kWh gerechnet werden (vgl. Abschnitt „Grundwerk"), so daß der Aufwand für eine vom Pumpwerk abgegebene Kilowattstunde $\frac{3800}{0{,}60} = 6400$ kcal beträgt; die jährlichen Brennstoffkosten und die Gesamtkosten ergeben sich dann entsprechend wie beim Ruthswerk (s. Zahlentafel 4).

Die Kostenlinie für das Pumpspeicherwerk (Abb. 7, Linie 3) zeigt, daß ein solches Werk größere Ersparnisse

ohne Schwierigkeiten im Stadtinnern in den Zentren des Stromverbrauchs aufgestellt werden. Ihr Platzbedarf ist nicht groß, eine Belästigung der Bewohner findet nicht statt, auch die Rücksichtnahme auf Beschaffung von Kühlwasser fällt weg. Ein solches Werk kann also den Strom direkt an das 220 V-Niederspannungsnetz oder an ein 6 kV-Mittelspannungsnetz abgeben, so daß die Umspann- und Verteilungsanlagen von der Spitzenleistung entlastet werden, also in ihren Dimensionen wesentlich kleiner gehalten werden können. Wenn wir die Kosten der Batteriewerke mit denen der anderen Speicheranlagen vergleichen wollen, müssen wir dieser Tatsache Rechnung tragen. Der

[8] I. Berdelle, Elektrische Batterien in Drehstromnetzen. ETZ 1929, S. 609.

Einfachheit halber soll das dadurch geschehen, daß von den Jahreskosten der Batteriewerke die Ersparnisse abgezogen werden, die dadurch entstehen, daß die Umform- und Verteilungsanlagen kleiner dimensioniert werden können, als es bei Spitzendeckung durch andere Anlagen der Fall ist. Die so entstandene „reduzierte Kostenlinie" ist keine Kostenlinie im eigentlichen Sinne, da sie keine wirklichen Kosten darstellt; zu Vergleichszwecken ist sie aber durchaus geeignet.

Nehmen wir an, das Batteriewerk arbeite auf das 6 kV-Verteilungsnetz, dann werden für das 30/6 kV-Abspannwerk dessen Kosten etwa 45 RM/kW zuzüglich 33 % für Reserve betragen, je 1 kW Batterieleistung 60 RM gespart. Ersparnisse im 30 kV- und 6 kV-Netz lassen sich nur schätzungsweise angeben; sie sollen mit je 30 RM/kW angenommen werden; dann beträgt also die gesamte Ersparnis an Anlagekosten 120 RM/kW. Rechnen wir mit einer Kapitaldienstquote von 15 % für diese Anlagen, so ergibt sich eine jährliche Ersparnis von 18 RM, bezogen auf 1 kW der Leistung des Batteriewerks (vgl. Zahlentafel 5). Die so enstandene reduzierte Kostenlinie (Abb. 7, Linie 4') zeigt, daß die Batteriewerke auch bei größeren Vollastentladedauern durchaus wirtschaftlich arbeiten; ihre besondere Stärke liegt aber bei kleineren Vollastentladedauern von etwa 1 ... 2 h, hier sind sie allen anderen Spitzenkraftquellen überlegen.

Vergleich.

Der genannte Vorzug des Batteriewerks läßt es in jedem Fall angebracht erscheinen, neben einer größeren, dezentralen Spitzenanlage ein Batteriewerk mit kleiner Vollastentladedauer im Stadtinnern anzulegen, das auch noch in anderer Hinsicht (s. u.) gute Dienste leisten kann. Welcher Art das andere Spitzenwerk sein soll, läßt sich nur von Fall zu Fall entscheiden, da, wie erwähnt, die örtliche Abhängigkeit der Preise eine große Rolle spielt. Es empfiehlt sich daher, unter Zugrundelegung der für den betreffenden Fall geltenden Preise neue Kostenlinien aufzustellen, die einen Überblick über die Eignung der verschiedenen Spitzenkraftanlagen ermöglichen. Soviel läßt sich jedenfalls sagen, daß in Norddeutschland, zumal in der Nähe der Küste, wegen der leichten und billigen Beschaffung des Treiböls den Dieselkraftwerken der Vorzug zu geben ist, während in Mittel- oder Süddeutschland zuweilen die Möglichkeit bestehen dürfte, ein günstiges Gelände für ein Pumpspeicherwerk in der Nähe der Stadt zu finden.

Natürlich ist auch der Verlauf der Belastungskurve von Einfluß auf die Wirtschaftlichkeit der Werke. Bei besonders hohen und schmalen Belastungsspitzen verschiebt sich das Bild zugunsten der Speicherwerke, insbesondere der Ruths- und Batteriespeicher; bei ausschließlichem Bezug von Fernstrom kommen dagegen Ruthsspeicher überhaupt nicht in Frage.

Betriebliche Eigenschaften der verschiedenen Spitzenkraftquellen.

Abgesehen von Fragen der Wirtschaftlichkeit, die oben behandelt wurden, können aber gelegentlich auch Erwägungen die Wahl der Spitzenkraftquelle beeinflussen, für die mehr das Gefühl des Betriebsmannes ausschlaggebend ist, als daß sie sich zahlenmäßig ausdrücken lassen.

Reserve.

Als regelrechte Reserve, d. h. zur Deckung eines Teiles der Belastung bei Maschinenschäden im Grundkraftwerk, sind das (hier nicht in Betracht gezogene) Dampfspitzenkraftwerk und das Dieselwerk vorzüglich geeignet. Auch die Ruthsturbinen sind in der Lage, während längerer Zeit als Reservemaschinen zu fahren, sofern die notwendigen, sonst dem Grundlastbetrieb dienenden Kessel intakt geblieben sind; dagegen sind die übrigen Spitzenkraftquellen für den genannten Zweck ungeeignet. Welche Rolle der Gesichtspunkt der Reserve bei der Wahl der Spitzenkraftquelle spielt, wird naturgemäß von der Größe sonstiger Reserven abhängen (z. B. Möglichkeit von Fremdstrombezug u. a. m.) und von dem Wert, den man der Schnelligkeit des Einspringens beimißt. Der geringste Zeitraum vom Stillstand bis zur Lastübernahme beträgt beim Dampfspitzenwerk etwa 30 min, beim Ruthswerk etwa 8 min, beim Dieselwerk etwa 2.5 min.

Momentanreserve.

In Versorgungsgebieten, die gegen Stromunterbrechungen sehr empfindlich sind, wird man bestrebt sein müssen, eine Momentanreserve zu besitzen, um in der Lage zu sein, bei plötzlichem Ausfall einer Maschine deren Last sofort anderweitig zu übernehmen. In höchst unwirtschaftlicher Weise ist es möglich, dieser Forderung auch im Grundkraftwerk zu genügen, indem man dort sämtliche Maschinen (einschl. Reserve) mit Teillast laufen läßt und notfalls die Last anders verteilt. Als ideal ist das Batteriespitzenwerk anzusprechen, da die Akkumulatoren, sofern es ihr Ladezustand erlaubt, jederzeit zur augenblicklichen Lastübernahme bereitstehen. Bei Drehstromnetzen gilt das allerdings nur für den Fall, daß die Umformer des Batteriewerks laufen. Das wird jedoch fast stets der Fall sein, sei es zur Batterieladung, sei es zur Blindstromerzeugung (s. u.) Ruths- und Pumpspeicherwerke können zwar ebenfalls eine Momentanreserve darstellen, jedoch nur bei besonderer Betriebsführung, die die Wirtschaftlichkeit derartiger Anlagen stark beeinträchtigen kann. Um die Maschinen augenblicklich belasten zu können, ist es nämlich notwendig, sie ständig mit synchroner Drehzahl umlaufen zu lassen. Um zu vermeiden, daß die Maschine von Netzstörungen vor ihrer Einschaltung in Mitleidenschaft gezogen wird, hält man sie in Pumpspeicherwerken vom Netz getrennt[9], um sie erst im Bedarfsfalle über „Fangdrosselspulen"[10] auf das Netz zu schalten. Die Turbine muß also ständig ihrem Leerverbrauch entsprechend beaufschlagt werden. Während der Zeit des Pumpbetriebes fällt allerdings die Möglichkeit der Momentanreserve überhaupt fort. Bei Ruthsspeicheranlagen trennt man den Generator nur für den Augenblick der Störung vom Netz[9], kann also im übrigen die Leerlaufsverluste aus dem Netz decken. Es ist jedoch auch in diesem Falle für die Turbine eine auf die Dauer ins Gewicht fallende Kühldampfmenge erforderlich, abgesehen davon, daß die Kondensationsmaschinen ständig in Betrieb zu halten sind. Die Dieselanlage kommt für Momentanreserve, wie sie hier verstanden wird, also schlagartiges Übernehmen der Last, nicht in Frage.

Verbesserung des Leistungsfaktors.

Die Möglichkeit, „Phase zu schieben", die bei sämtlichen genannten Spitzenkraftanlagen besteht, ist je nach Art und Lage des Werkes recht verschieden zu bewerten. Dieselanlagen sind für diesen Zweck hervorragend geeignet, da der Wirkverbrauch des abgekuppelten Generators nur seinen eigenen Leerlaufsverlusten entspricht und da ständig die größtmögliche Blindleistung erzeugt werden kann, solange der Spitzenbetrieb ruht. Für den Fall, daß das Dieselwerk näher am Verbrauchszentrum liegt als das Grundkraftwerk, kann die zu erzielende Entlastung der Zuleitungen von Blindstrom wertvoll sein. Andernfalls läßt sich nur die Ausnutzung der Grundwerksmaschinen verbessern. Dies gilt stets für die Blindstromerzeugung im Ruthswerk, das direkt mit dem Grundkraftwerk zusammengebaut ist. Hier ist außerdem noch zu beachten, daß durch das Mitlaufen der Turbinen und den hierdurch bedingten Kühldampf- und Kondensationsverbrauch zusätzliche Verluste entstehen. Der Generator des Pumpspeicherwerks läßt sich bei abgekuppelter Pumpe und leer mitlaufender Turbine in vollem Maße ohne große Verluste zum Phasenschieben heranziehen, während des Pumpbetriebes dagegen naturgemäß nur in geringerem Maße bei entsprechend verringerter Pumpenleistung. In dem hier behandelten Falle einer städtischen Versorgung, bei der das Speicherwerk die weitest außerhalb gelegene Kraftquelle darstellt, kommt der Phasenkompensation jedoch keine nennenswerte Bedeutung zu. Das Batteriewerk mit seinem Motorgenerator ist geeignet, die wirksamste Entlastung der Zuleitungen von Blindstrom vorzunehmen, da es mitten im Verbrauchszentrum liegt; auch hier sind die auftretenden Verluste sehr gering.

Aus den vorstehenden Ausführungen ist ersichtlich, daß es wohl möglich ist, die Gesichtspunkte für die Wahl einer Spitzenkraftquelle festzulegen, daß aber eine Entscheidung nur auf Grund genauester Kenntnis des in Frage kommenden Versorgungsgebietes getroffen werden kann[11].

[9] AEG-Mitt. 1931, S. 20.
[10] AEG-Mitt. 1929, S. 21.
[11] Die ETZ 1931, S. 1092 genannte Arbeit von F. Suabedissen findet sich in der ETZ 1927, S. 14.

RUNDSCHAU.

Leitungen.

Das 65 kV-Kabel Ahlem—Ahlten. — Dieses zur Verbindung zweier Kraftwerke dienende Drehstromkabel hat auf der Hauptstrecke 23,5 km, auf einer Nebenstrecke 5,3 km Länge, die entsprechenden Querschnitte sind 3 · 120 und 3 · 95 mm². Beide Strecken sind als sog. Hochleistungs-Rillenkabel (HHR) ausgeführt, sind also vom Dreimanteltyp, dessen weitgehende Biegsamkeit und günstige Wärmeableitungs-Verhältnisse als bekannt vorausgesetzt werden dürfen. Ein besonderer Vorzug des HHR-Kabels beruht noch darauf, daß bei ihm die Bleimantelverluste wesentlich geringer ausfallen als bei den andern Kabeltypen, wie folgende Gegenüberstellung zeigt:

Strom im Leiter A	100	200	300
Mantelverluste bei drei verseilten Einleiterkabeln mit glattem Bleimantel W/km	30	115	260
beim HHR-Kabel W/km	10	32	77

Diese Wirkung beruht einmal auf der Form des Mantelquerschnitts und dann auf der Zusammensetzung der Legierung des Mantels; die Zusätze zum Blei begünstigen die Bildung von einheitlichen Mischkristallen, wodurch die Korrosionsfestigkeit und der Widerstand gegen die interkristalline Brüchigkeit erhöht werden. Die Leiter be-

Abb. 1. Zeit-Durchschlag-Kurve des Kabels.

stehen aus 19 Drähten von 2,3 mm Dmr. und 28 dünnen Außendrähten von 1,58 mm Dmr. Eine Tiefkühlanlage sorgte dafür, daß das Kabel möglichst gut getränkt und kühl in die Bleipresse eingeführt wurde. Für die normale VDE-Spannungsprüfung mit 95 kV (Ader gegen Blei) wurden die Enden durch Hartpapierzylinder gegen Überschlag geschützt. Dielektrische Verlustmessungen mit der Schering-Brücke (wobei ein Preßgaskondensator von 45 μμF für Spannungen bis zu 300 kV benutzt wurde) fanden von 20 kV an in Stufen von je 10 kV bis 100 kV zwischen Leiter und Blei statt, die Kabelenden waren mit einem halbleitenden Anstrich und mit ölgefüllten Trichtern versehen. Die Tangente des Verlustwinkels zeigte im ganzen Bereich von 30 bis 100 kV_{eff} gegen Erde praktisch geradlinigen Verlauf etwa innerhalb der Grenzen 0,004 und 0,005. Eine äußerst geringe Abhängigkeit der dielektrischen Verluste von der Spannung erwiesen auch Messungen, die zwecks Prüfung der Stabilität bei zunächst 22 ° C, dann nach mehrstündiger Erwärmung auf 44,8 ° C und schließlich nach Wiederabkühlung auf 23 ° C stattfanden. Hierbei ergaben sich bei 20 kV gegen Erde die tg δ-Werte 0,0052 bzw. 0,0072 bzw. 0,0057 und bei 100 kV gegen Erde die Werte 0,006 bzw. 0,0063 bzw. 0,008. Der Verlustwinkel in Abhängigkeit von der Temperatur bei konstanter Spannung zeigte den erwünschten flachen Verlauf. Nach den üblichen 6 Biegungen wurden 95 kV (Ader gegen Blei) 20 min und 187 kV 5 min lang auf den Prüfstücken belassen, ohne daß ein Durchschlag eintrat. Aus einer Anzahl von Probestücken wurden noch die zur Ermittlung der Zeit-Durchschlag-Kurve nötigen Mittelwerte gewonnen. Die Kurve zeigt (vgl. Abb. 1), daß das Kabel hohe kurzzeitige Überspannungen und die Prüfspannung von 95 kV ohne Schädigung ertragen kann. Die Enden erhielten für diese Messungen starke Wickelkeulen, halbleitenden Anstrich und Schutztrichter.

Mehrstündige Erwärmungsversuche mit 240 A ergaben eine Übertemperatur des Kupfers von 19,8 °C, der Bleimäntel von 9,5 ° C, also ein Temperaturgefälle von 10,3 ° C. Die mit der erweiterten Thomson-Brücke gemessenen Zusatzverluste im Mantel und in der Bewehrung sind aus der nachstehenden Tafel ersichtlich.

Querschnitt mm²	Betriebsinduktivität 10^{-3} H/km	Aderinduktivität 10^{-3} H/km	Bleimantelverluste in % der Kupferverluste	Verluste in der Bewehrung in % der Kupferverluste
3 · 120	0,448	0,259	0,95	4,2
3 · 95	0,464	0,273	0,92	3,95

Die garantierten Werte für Widerstand, Kapazität, Ladestrom, Erdschlußstrom bei einphasigem Erdschluß und für die Aderinduktivität wurden in keinem Fall überschritten.

Bei der Überquerung von Kanälen wurden sandgefüllte Eisenrohre an den Brücken befestigt, die Leinekreuzung wurde als normale Flußkreuzung ausgeführt. Die Festigkeit der Muffen ist größer als die der Kabel, wie sich auch herausgestellt hat, daß der Verlustwinkel der Muffen praktisch derselbe ist wie beim Kabel. Auch die Zeit-Durchschlag-Kurve ergab sich gleich derjenigen des Kabels, denn alle Durchschläge lagen im Kabel. Jede der drei verbleiten Einzeladern ist mit einer besonderen Bleimuffe versehen und diese sind in einer gemeinsamen gußeisernen Schutzmuffe untergebracht. Die Endverschlüsse sind als aufgeteilte Einleiter-Endverschlüsse ausgeführt.

Nach der Verlegung wurden nochmals die dielektrischen Verluste gemessen. Die Schering-Brücke, die zugehörigen Batterien und der die Messung Ausführende befanden sich dabei im Faradayschen Käfig[1]. Auch diese Messungen bewiesen den fast horizontalen Verlauf der tg δ-Geraden. Schließlich wurden auch noch sämtliche Adern 60 min lang mit 4 U_0 entsprechend 150 kV Ader gegen Blei und kurzzeitig mit 5,5 U_0 entsprechend 207 kV Ader gegen Blei mit Gleichspannung geprüft. (BBC-Nachr. Bd. 17, S. 262.) *Eg.*

Elektromaschinenbau.

Kurzschluß-Drehmoment von Synchronmaschinen ohne Dämpferwicklung. — G. W. Penney zeigt, daß das durch den Kurzschluß erzeugte Drehmoment pulsierenden Charakter hat, und der Augenblickswert weit über dem Mittelwert liegt. Es wird erzeugt infolge der Umsetzung der kinetischen Energie der rotierenden Massen in magnetische Energie und umgekehrt. Mit Hilfe des Gesetzes von der Erhaltung der Energie werden für eine Maschine mit vernachlässigbarem Widerstand und konstanter Selbstinduktivität („ideale Maschine") allgemeine Gleichungen für das Drehmoment abgeleitet, wobei unter Drehmoment das resultierende, auf die Wicklung wirkende Moment zu verstehen ist. Die abgeleiteten allgemeinen Gleichungen sind für den Vergleich des einphasigen mit dem mehrphasigen Kurzschluß und zu allgemeiner Beurteilung der Vorgänge beim Kurzschluß zweckmäßig. Die ihrer Ableitung zugrundegelegte Annahme konstanter Selbstinduktivität wird annähernd erfüllt bei Turbomaschinen, nicht jedoch bei Maschinen mit ausgeprägten Polen, bei denen gerade die Kenntnis des Kurzschluß-Drehmomentes von größter Wichtigkeit ist. Die Berechnung des Momentes bei nicht konstanter, von der Rotorstellung abhängiger Selbstinduktivität ist kompliziert. Relativ einfach ist eine „halbgraphische" Methode der Berechnung aus dem Stromoszillogramm, wobei auch, wie näher besprochen wird, der Einfluß des Widerstandes berücksichtigt werden kann. Diese Methode wird unter der Voraussetzung entwickelt, daß die Sättigung von geringem Einfluß ist. Die Frage der Sättigung wird in der vollständigen Abhandlung ausführlicher behandelt. Die auf verschiedene Weise errechneten Werte des Kurzschluß-Drehmoments werden verglichen mit den mit Hilfe eines in einer früheren Abhandlung beschriebenen Instrumentes gemessenen Werten, wobei die nach der halbgraphischen Methode errechneten Werte die bessere Übereinstimmung mit den gemessenen zeigen. Wichtig ist zu bemerken, daß die Größe des erzeugten Kurzschluß-Drehmomentes vom Zeitpunkt des Kurzschlusses abhängig ist; als ungünstigster hat derjenige zu gelten, in welchem die Klemmenspannung 0 ist, und für diesen Zeitpunkt ist das Moment zu bestimmen. (G. W. Penney, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 48, S. 738.) *Lw.*

Der Leerlaufstrom der Netztransformatoren. — Die Einführung hochlegierter Bleche im Transformatorenbau war von größter wirtschaftlicher Bedeutung. Sie ermöglichte eine Steigerung der Induktion und damit eine Herabsetzung der Herstellungskosten bei gleichzeitiger Verminderung der Eisenverluste. Hand in Hand mit der Steigerung der Induktion ging jedoch ein Anwachsen des

[1] Vgl. ETZ 1928, S. 239.

Leerlaufstromes und seiner Oberwellen. Bei der heute gewöhnlich vorliegenden mehrfachen Transformierung rufen die höheren Leerlaufströme nicht nur eine unangenehme Blindbelastung der Generatoren hervor sondern auch eine beträchtliche Verzerrung der Spannungskurve durch die Spannungsabfälle, die die Oberwellen des Leerlaufstromes bewirken. Die Verzerrung der Spannungskurve aber ergibt eine erhebliche Vergrößerung des Erdschluß-Reststromes in Netzen mit Löscheinrichtungen, da letztere im allgemeinen nur auf die Grundharmonische abgestimmt sind, und die Oberwellen der Spannung in dem kapazitiven Erdschlußstrome mit entsprechend ihrer Ordnungszahl vervielfachter Amplitude auftreten. Neuzeitliche Großtransformatoren weisen Leerlaufströme von 3 ... 5 % auf, Netztransformatoren erreichen jedoch teilweise den doppelten Wert. Die einzelnen Fabrikate zeigen sehr bedeutende Unterschiede in bezug auf Größe und Verzerrung des Leerlaufstromes. Bei 11 normalen 160 kVA-Transformatoren verschiedener Herkunft wurden Leerlaufströme von 3,2 ... 9,2 % festgestellt. Die maximale Abweichung von der Grundwelle des Leerlaufstromes schwankte zwischen 8 und 32 %. Um einen Maßstab für die Beurteilung der Transformatoren zu erhalten, bildet der Verfasser das Produkt aus dem prozentualen Leerlaufstrom und der prozentualen maximalen Abweichung von der Grundwelle und bezeichnet dieses als Güteziffer". Die Güteziffer der untersuchten Transformatoren bewegte sich zwischen 47 und 265. Daraufhin wurde bei der Vergebung weiterer 160 kV-Transformatoren vom Besteller eine Güteziffer von 80 vorgeschrieben. Diese Forderung ist vom Hersteller bei einem tragbaren Mehrpreise nicht nur eingehalten, sondern sogar um 59 % unterschritten worden. Nach diesem Ergebnis erscheint es durchaus möglich, mit verhältnismäßig geringen Mehrkosten Transformatoren herzustellen, deren Leerlaufstrom nach Größe und Oberwelligkeit in angemessenen Grenzen bleibt. (J. Wahlig, El. u. Maschinenb. Bd. 48, S. 412.) *R. K.*

Apparate.

Die Berechnung von Eisendrosseln mit großer Zeitkonstante. — Emde entwickelt ein Verfahren, das ohne zeitraubendes Probieren einen möglichst günstigen Entwurf einer Drosselspule liefert, von der außer der Blindleistung N_b noch der Gesamtverlust in Kupfer (Q_k) und Eisen (Q_e) vorgeschrieben ist. Die Theorie stützt sich auf die vom Verfasser selbst vor 25 Jahren erstmalig aufgestellte Beziehung $N_b = 4\pi f W$, worin f die Frequenz und W die magnetische Energie bedeuten. Bei Drosselspulen mit sehr kleinen Verlusten, also großer Zeitkonstante $T = \frac{2W}{Q_k + Q_e}$, sind die Hauptabmessungen nicht durch die Kühlflächen, sondern allein durch die Zeitkonstante bestimmt. Ausgehend von der Grundgleichung $2W = \Phi\Theta$ (Fluß × Durchflutung) erhält man nach Einführung einer Kupfer-Zeitkonstanten $\frac{1}{\varkappa} = \frac{2W}{Q_k}$ und einer Eisen-Zeitkonstanten $\frac{1}{\varepsilon} = \frac{2W}{Q_e}$ für die in Abb. 2 bezeichneten Abmessungen der Drosselspule die Beziehungen

$$\frac{g\,h}{a+g} = \frac{4\varrho}{\Pi_0 \varkappa}\,\frac{b'}{a^2};\; 2a + 2g + h = \frac{\varepsilon}{\Pi_0 \sigma}\,b';\; T = \frac{1}{\varkappa + \varepsilon}.$$

Hierin bedeutet ϱ den spezifischen Widerstand der Wicklung, u. zw. des Gemisches aus Kupfer und Isolation, σ den spezifischen Eisenverlust, $\Pi_0 = 0{,}4\,\pi$, b' den um den Einfluß der Eisenlänge vergrößerten Luftspalt. Für die Bestimmung der Abmessungen stehen also drei Gleichungen mit 6 Unbekannten zur Verfügung, d. h. es gibt unzählige Lösungen, die den gestellten Bedingungen genügen.

Abb. 2. Maßskizze einer einphasigen Eisendrossel.

Zur Vereinfachung und Veranschaulichung führt Emde die Größe $m = 2\,\frac{\sqrt{\varrho\,\sigma}}{\sqrt{\varepsilon\,\varkappa}}$ als natürliche Längeneinheit der Drosselabmessungen ein. Für ein angenommenes $a = x\,m$ läßt sich die Spaltbreite nicht mehr beliebig wählen, sondern hat jeweils eine untere mögliche Grenze b_0'. Spaltbreite und Eisenlänge haben gemeinsam eine untere Grenze für $a = 3\,m$, u. zw. besitzt die Spaltbreite dabei den Wert $b_0' = \sigma\,\Pi_0\,\frac{13{,}5\sqrt{\varrho\,\sigma}}{\varepsilon\sqrt{\varepsilon\,\varkappa}}$ und ein Minimum für $\varepsilon = 3\,\varkappa$. Die Stoffkosten werden bei $a = 3\,m$ jedoch nur dann am geringsten, wenn das auf die Volumeneinheit bezogene Preisverhältnis von Kupfer zu Eisen $k = 2$ beträgt. Hierbei ist $\varepsilon = \varkappa$, und die Spaltbreite wird 30 % größer als für $\varepsilon = 3\,\varkappa$. Um eine gerade Magnetisierungslinie zu erhalten, muß man die Sättigung bei normalem Strom unter 6000 Gauß halten, ε also entsprechend kleiner nehmen. Die Windungsinduktivität L_1 ist unabhängig von der Zeitkonstante zu wählen, dagegen ändert sich die Sättigung mit $\frac{1}{T^2}$. Die Kühlflächen werden nur bei sehr großen Eisendrosseln knapp. Ist h die äußere Wärmeleitfähigkeit, τ die Beharrungs-Übertemperatur, F_0 die gesamte freie Oberfläche, so ist die zulässige Durchflutung $\Theta^2 = h\,\tau\,\frac{F_0}{L_1}\,T$.

Emde zeigt weiter, wie die in Formeln gekleideten Überlegungen auch auf die Dreiphasendrossel angewandt werden können, und daß es überaus lehrreich ist, die Zahlenwerte für eine Reihe ähnlicher Drosselspulen sehr verschiedener Größe zusammenzustellen und zu vergleichen. (F. Emde, El. u. Maschinenb. Bd. 48, 1930, S. 521.) *Zrn.*

Hochspannungs-Hochleistungs-Trennsicherungen. — Die von den Siemens-Schuckertwerken vor einiger Zeit auf den Markt gebrachten Hochspannungs-Hochleistungs-Sicherungen[1] werden sowohl für Innenraum- als auch für Freiluftanlagen für die Reihen 10, 20 und 30 und bis 15 A hergestellt. Abb. 3 zeigt eine H-H-Sicherung Reihe 10 für 10 A Nennstrom. Die geschlossene Sicherungsröhre hat einen Haupt- und einen Nebenschmelzleiter. Der Hauptschmelzleiter ist durch den ihn schraubenförmig umgebenden Nebenschmelzleiter von dem elektrischen Feld entlastet und somit gegen Zerstörung durch Koronawirkung geschützt. Der Nebenschmelzleiter aus einem gegen die Wirkung der Korona unempfindlichen Material übernimmt beim Abschmelzen die Drosselung des Abschmelzstromes und die Beendigung des Abschmelzvorganges.

Abb. 3. Hochspannungs-Hochleistungs-Sicherung für Innenraumanlagen Reihe 10 für 10 A Nennstrom.

Eine große Erweiterung hat das Anwendungsgebiet der H-H-Sicherungen durch die neue Konstruktion der H-H-Trennsicherung erfahren. Diese besteht aus einem normalen dreipoligen Trennschalter, bei dem an Stelle der Trennmesser die Sicherungsträger für die H-H-Sicherungsröhren sich befinden. Die H-H-Trennsicherung vereinigt also in sich zwei Apparate, den Trennschalter und die H-H-Sicherung, und bietet durch ihre äußerst gedrängte Bauart bequeme Montagemöglichkeit auch in räumlich sehr beengten Anlagen, wie kleinen Transformatorenhäuschen, Eigenbedarfsanlagen von Kraftwerken und Umspannstationen. Bei sachgemäßer Montage dieser H-H-Trennsicherung ist ein leichtes Auswechseln der Sicherungsröhren in spannungslosem Zustande möglich, wobei ein Andrücken der Trennmesser beim Einsetzen der

Abb. 4. Hochspannungs-Hochleistungs-Trennsicherung der Reihe 10 für 15 A Sicherungsnennstrom, ausgeschaltet.

[1] S. VDE-Fachberichte 1929, S. 13.

Sicherungsröhren durch eine selbsttätige Sperrvorrichtung ausgeschlossen wird. Abb. 4 zeigt eine H-H-Trennsicherung der Reihe 10 für 15 A Sicherungsnennstrom in ausgeschaltetem Zustande. *Shp.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

Das Absorbomikrometer. — Sehr kleine Längenänderungen, von der Größenordnung 10^{-7} mm, lassen sich noch dadurch messend verfolgen, daß man sie auf die Platten eines Plattenkondensators überträgt und die Kapazitätsänderung des Kondensators beobachtet. Macht man diesen

a hochfrequenzerzeugendes Rohr (evtl. mehrere parallel)
b Oszillatorspule, viele Windungen
c Eichungskapazität
d Anschluß f. Tastkondensator
e Gitterstrom-Milliamperemeter
f Heizspannungs-Voltmeter
g Anodenspannungs-Voltmeter
h Hochfrequenzdrossel
i Rohrsicherung
k Anodenstromschalter
l Heizstromschalter
m Grobregelung der Heizspannung
n selbsttätiger Heizregler
o Abschirmung
p Induktanz, wenige Windungen
q Meßkondensator
r Neutrodenkondensator
s Anschlußbuchsen für Ausgleichsluftblock

Abb. 5. Schaltung des Hochfrequenz-Absorbomikrometers.

Kondensator zum Glied eines Schwingungskreises, so können kleinste Kapazitätsänderungen bereits beträchtliche Änderungen in der Schwingungszahl hervorrufen. Beim gewöhnlichen Ultramikrometer[1] wird diese Änderung der

Abb. 6. Tastkondensator zur Messung der radialen Ausweichung eines zylindrischen Eisenbetonbehälters.

Schwingungszahl bestimmt, indem man die Schwingungen eines zweiten ungestörten Kreises überlagert und die entstehenden Schwebungen akustisch verfolgt. Beim Absorbomikrometer[2] von S a n t o R i n i ist der eine Kreis als gewöhnlicher Absorptions-Wellenmesser ausgebildet. In Abb. 5 wird der Kondensator, dessen Abstandsänderung gemessen werden soll, der Tastkondensator, bei den Buchsen *d* des als Röhrengenerator ausgebildeten Tastkreises angeschlossen. Die Resonanzeinstellung des Meßkreises wird am Gitterstrom-Milliamperemeter *e* abgelesen; man beobachtet die Abreißpunkte der Nadel beim Durchdrehen des Meßkondensators *a* in dem einen oder andern Drehsinn und nimmt das Mittel. Die Induktivitäten beider Kreise sind so gewählt, daß kleinen Kapazitätsänderungen im Tastkreise viel größere Kapazitätsänderungen im Meßkreis entsprechen.

[1] ETZ 1930, S. 717.
[2] Griech. Patent Nr. 2710 u. 2721; in anderen Staaten angem.

Das Absorbomikrometer ist zur Materialprüfung und für Belastungsversuche an Brücken und Hochbauten bestimmt. Um die radiale Ausweichung eines zylindrischen Eisenbetonbehälters zu messen, wird z. B. nach Abb. 6 eine Platte des Tastkondensators in die Wand des Behälters einzementiert, die andere an einem eisernen Gerüst befestigt. Vielfach kann die Aufstellung eines besonderen Gerüstes vermieden werden, indem beide Belegungen im Innern des zu untersuchenden Körpers einzementiert werden. Abb. 7 zeigt die Herstellung eines solchen Tastkondensators. Beide Metallbelegungen werden vorübergehend durch ein Glimmerblatt auseinander gehalten; die eine Hälfte wird dann vergipst. Nach der Erhärtung wird die Glimmerfolie entfernt und der Kondensator zu einem Zylinder fertiggegipst. Untersucht wurden z. B. die Verschiebungen eines Wasserbehälters aus Beton bei Füllung und Leerung in axialer und radialer Richtung, die Erweiterung von Rissen in einem Behälter, die Spannungsänderungen im Hauptbalken einer belasteten Eisenbetonbrücke u. a. (P. S a n t o R i n i, „Beton u. Eisen" 1930, H. 22. Ausführl. Theorie in „Le Constructeur de Ciment-Armé", Dez. 1930 und Jahrg. 1931.) *Br.*

Abb. 7. Herstellung einer Tastkondensator-Patrone.

Kompensierte Meßwandler. — W e l l i n g s und M a y o bringen einige bemerkenswerte Vorschläge für die Kompensation der Fehler von Meßwandlern. Bei Stromwandlern soll der Leerlaufstrom, der ja die Fehler verursacht, durch Fremderregung zugeführt werden. Dies wird durch einen mit hoher Induktion arbeitenden Hilfskern *2* erreicht, der vom gleichen Primärstrom erregt wird wie der Hauptkern *1* und dessen Sekundärwindungen den Hauptkern umfassen, unter Zwischenschaltung eines Justierwiderstandes *3* (Abb. 8). Die gesamten Primär-AW des Hauptkernes setzen sich zusammen aus dem wirklichen Primärstrom und dem Sekundärstrom des Hilfskernes und werden gegenüber dem wirklichen Primärstrom um einen Winkel gedreht, der gleich dem Fehlwinkel sein soll. Um diesen Winkel dreht sich dann auch der Sekundärstrom des Hauptwandlers, d. h. der Fehlwinkel wird aufgehoben. Zur Kompensation des Stromfehlers läßt man ferner die Sekundärwicklung *4* des Hauptkernes mit einigen Windungen den Hilfskern umfassen. Da der Fluß des letzteren dem des ersteren voreilt, erzeugt er in diesen Windungen eine der Spannung des Hauptkernes voreilende EMK. Weil aber die gesamte Sekundärspannung durch die Bürde in ihrer Richtung bestimmt ist, muß nun die Spannung des Hauptkernes gegenüber ihrer natürlichen Lage nacheilen. Dies verursacht ein Nacheilen des Magnetisierungstromes, wodurch I_2 relativ zu I_1 größer wird, d. h. der Stromfehler wird aufgehoben, u. zw. ist diese Wirkung ziemlich unabhängig von der Primärlast.

Abb. 8. Kompensierter Stromwandler.

Ein weiteres, allerdings nicht neues Verfahren ist die Vormagnetisierung. Der Hauptkern wird in zwei Teile geteilt, die von der Sekundärwicklung des Hilfskernes im umgekehrten Sinne umfaßt werden, so daß sich die Wirkungen der Hilfswicklung auf die Sekundärseite aufheben und nur das Eisen vormagnetisiert wird. Es arbeitet dann zwischen $^1/_{10}$ und $^1/_1$ Primärstrom im geradlinigen Teil der Magnetisierungskurve, wodurch die Fehler in diesem Bereiche fast konstant werden. Der Stromfehler läßt sich also lediglich durch Einstellung der sekundären Windungszahl aufheben. Um hierbei auch den konstanten Fehlwinkel zu kompensieren, wird vorgeschlagen, die beiden Teile des Hauptkernes etwas ungleich zu machen. Dadurch tritt

zu der Vormagnetisierung noch die anfangs beschriebene Wirkung des Hilfskernes. Auf diese Weise lassen sich Stabwandler bis zu 100 A herab mit guten Eigenschaften bauen und für kleinere Stromstärken Wandler mit wenig AW, welche sich durch große Kurzschlußsicherheit auszeichnen. Für Spannungswandler werden analoge Schaltungen angegeben. (Wellings u. Mayo, J. Inst. El. Engs. London Bd. 68, S. 704.) *Be.*

Einiges über die Prüfung von Dauermagneten. — Es wird ein Prüfgerät und -verfahren zur Prüfung der Feldstärke von Dauermagneten beschrieben, wie sie in vielen Zweigen der elektrotechnischen Industrie, besonders in der Fernsprechtechnik und im Zählerbau benutzt werden. Das Prüfgerät enthält ein Drehspul-Amperemeter, das in Reihe geschaltet ist mit einem Ausschalter, einer 4 V-Batterie, zwei Regelwiderständen und einem magnetlosen Drehspulsystem mit großer durchscheinender Glasskala; das System ist so eingerichtet, daß ein zu prüfender Stahlmagnet mittels eines Auflagetisches mit Anschlägen in die unmittelbare Nähe der Drehspule gebracht werden kann. Das Prüfverfahren besteht in einem Vergleich der Feldstärke des zu prüfenden Magneten mit der Feldstärke eines bekannten Magneten derselben Ausführung. Man stellt zunächst die Stromstärke im Prüfgerät mit den Regelwiderständen auf einen bestimmten, vom Drehspul-Amperemeter angezeigten Wert ein und legt dann den Vergleichsmagneten an die bisher magnetlose Drehspule; der jetzt an der großen Glasskala sichtbare Ausschlag ist ein Maß für die Feldstärke dieses Magneten. Erzeugen die dann zu prüfenden Stahlmagnete gleicher Ausführung denselben Ausschlag, so ist auch ihre Feldstärke gleich der des Vergleichsmagneten. Für jede zu untersuchende Magnetform ist naturgemäß ein besonderer, ihr angepaßter Auflagetisch erforderlich. (A. Gaier, Tel.- u. Fernspr.-Techn. Bd. 19, S. 187.) *Bul.*

Beleuchtung.

Zur Geschichte der elektrischen Beleuchtung. — Im 62. Bande von Gilberts Annalen der Physik, erschienen im Jahre 1819, findet sich ein Aufsatz von Prof. Meinecke in Halle: „Über Beleuchtung durch elektrisches Licht". Er erscheint mir nicht unwert, der Vergessenheit entrissen zu werden; denn er enthält wohl die ältesten, vielleicht die allerersten Gedanken und Versuche über die Möglichkeit, die Elektrizität zu Beleuchtungszwecken zu verwenden. Der Verfasser beginnt mit dem Hinweis, daß im 19. Jahrhundert bereits ganze Straßen und Plätze mit Gas beleuchtet würden, und daß diese Beleuchtung mit Recht für vortrefflich gehalten würde, und fährt dann fort: „Aber ich bin fest überzeugt, daß an die Stelle des Gaslichts noch ein vollkommneres und wohlfeileres treten wird, ich meine das elektrische Licht. Diese Behauptung stütze ich auf Versuche, die ich schon vor mehreren Jahren angestellt habe." Und nun beschreibt Meinecke folgende Versuche: Der Strom einer Elektrisiermaschine von 2 Fuß Durchmesser der Scheibe wurde hintereinander durch sechs große Blitztafeln, über 100 mit Wachs an der Wand des Auditoriums befestigte Bleikugeln und über eine 20 Ellen lange, mit kleinen Stückchen Zinnfolie umwickelte Seidenschnur geleitet. Die also isolierten Metallstücke waren höchstens 1 Zoll voneinander entfernt. Bei raschem Drehen der Maschine entstanden etwa 1000 Funken, die das ganze Auditorium mit einem hellen Mondlicht erfüllten. Wurde das Ende der letzten leitenden Kette statt mit der Erde mit einer „exantlirten Glocke über einer Luftpumpe" verbunden, in der der Funke zwischen zwei Kugeln von etwa 3 Zoll Entfernung übersprang, so wurde die Beleuchtung so stark, daß man in der Mitte des Saales kleine Schrift lesen konnte. Der Versuch zeigt dem Verfasser, daß eine beträchtliche Beleuchtung durch geringen elektrischen Aufwand hervorgebracht werden könne. Aber die freien Funken sind nicht brauchbar; in geschlossenen Räumen erzeugen sie nach einiger Zeit einen unerträglichen Geruch und im Freien ist die Isolation nicht ausreichend zu erhalten. Diesem Übelstande ließe sich abhelfen, indem man die Funken in luftdichte gläserne Röhren oder Glaskugeln einschließt. Doch würden die Funken in atmosphärischer Luft immer nur ein schwaches Mondlicht erzeugen. Aber es gibt Gasarten, in denen das elektrische Licht heller leuchtet als in gewöhnlicher Luft. In Wasserstoff ist nach dem Verfasser der Funke wenigstens doppelt so hell wie in Luft, und das Licht würde noch mehr verstärkt, wenn das Wasserstoffgas verdünnt wird. Der Verfasser kommt so zu dem Schluß, daß „die Anlage einer elektrischen Beleuchtung in Glasröhren mit Hilfe des verdünnten Wasserstoffgases sich mit einigem Nachsinnen und etwas technischer Kenntnis wohl ausführen lasse". Amüsant ist eine Anmerkung am Schluß, in der Meinecke die Frage aufwirft, ob man nicht „statt der pulververschwendenden und gefährlichen Feuerwerke Illuminationen vermittelst großer elektrischer Apparate veranstalten könnte; für ein Feuerwerk, das 10 000 Taler kostet, ließe sich schon ein interessantes und großes elektrisches Schauspiel aufführen". (Gilbert, Ann. Phys. Bd. 62 [1819], S. 87.)
Walter König.

Internationale Beleuchtungskommission und internationaler Beleuchtungskongreß. — Die internationale Beleuchtungskommission (IBK), deren Tagungen in einem normalen Turnus von 3 Jahren abgehalten werden, versammelt sich in der Zeit vom 13. bis 18. September d. J. in Cambridge zu ihrer 8. Tagung. Als deutsche Teilnehmer werden die Herren Bloch, Born, Dierbach, Dziobek (Führer der Delegation), Höpcke, Klapp, Klein, Laue, A. Meyer (Vizepräsident der IBK), Norden, Pirani, Schneider, Teichmüller, Wohlauer und Wißmann anwesend sein.

Die Sekretariatsarbeiten für die durch Studienkomitees behandelten Einzelgebiete sind seinerzeit auf die nationalen Komitees verteilt worden. Das deutsche Komitee hat die beiden Probleme „Lichtzerstreuende Stoffe" und „Straßenbeleuchtung" zugewiesen erhalten und wird demzufolge jetzt die von den Herren Bloch und Wißmann bearbeiteten Referate über die in den letzten 3 Jahren eingetretene Entwicklung dieser beiden Fragen vorlegen.

Die Tagung der IBK ist mit einem internationalen Beleuchtungskongreß verbunden, der vom 1. bis 12. September in Form einer Rundreise durch die Städte London, Glasgow, Edinburg, Buxton, Sheffield und Birmingham stattfindet. Hierzu hat das englische nationale Komitee als Gastgeber die Tagungsteilnehmer und sonstige an der Lichttechnik interessierte Personen eingeladen. In den einzelnen Orten sollen Besichtigungen und Vorträge abgehalten werden. Von deutscher Seite behandeln diese Vorträge folgende Fragen:

Arndt, Über den Stand der Arbeiten, Beleuchtung räumlich zu bewerten,
Bloch, Durchsichtigkeit und Durchlässigkeit lichtzerstreuender Gläser,
Born, Zur Frage der Vertikal-Lichtverteilung von Flugstreckenfeuern,
Born, Zur Frage der internationalen Regelung der Automobilbeleuchtung,
Frühling, Über Leitsätze für Tagesbeleuchtung.
Goldstern und Putnoky, Neue arbeitstechnische Untersuchungen über die wirtschaftliche Beleuchtung von Webstühlen bei mattem Fadenmaterial,
Höpcke, Über die Brauchbarkeit von Modellen bei lichttechnischen Vorführungen,
Klein, Beschreibung eines neuen Sehleistungs-Prüfapparates,
Lux, Die Leitsätze der DBG für die Beleuchtung mit künstlichem Licht,
Norden, Schatten und Halbschatten,
Pirani und Frhr. v. Göler, Über die Anwendung von Leuchtröhren,
Pirani und Lax, Künstliches Tages- und Sonnenlicht,
Reeb, Die Leuchtdichte als photometrische Primäreinheit,
Schneider, Ein Beitrag zur Kennzeichnung der Lichtstromverteilung,
Schönborn, Die Kennzeichnung und Einteilung von Beleuchtungsgläsern,
Vogl, Künstliche Beleuchtung im Gewächshaus.

Man darf erwarten, daß die allerseits geleistete Vorarbeit zum guten Gelingen der Veranstaltung beitragen wird, und daß der Kongreß und die Tagung der IBK in gleicher Weise wie die letzte Tagung im Jahre 1928 neben sachlichen Ergebnissen auch eine weitere persönliche Annäherung der Vertreter der verschiedenen Länder zeitigen wird.

Im Anschluß an die Tagung beginnt in London die von der Institution of Electrical Engineers veranstaltete Faraday-Festwoche, die der Erinnerung an die vor 100 Jahren erfolgten bahnbrechenden Entdeckungen Faradays gewidmet ist (Faraday centenary celebrations).

Heizung. Öfen.

Warmwasserapparat nach Stålhane. — Elektrische Warmwasserbereiter in der üblichen Form weisen noch eine Reihe von Mängeln auf. Die jeweilige Temperatur des Warmwasserbehälters ist unbekannt; nach Abfluß des Warmwassers vergeht eine geraume Zeit (mehrere Stunden), bis einigermaßen warmes Wasser wieder zu haben ist. Weil der Warmwasserinhalt nicht erkennbar ist, besteht keine Möglichkeit, mit dem Warmwasser zu wirtschaften. Ein weiterer Nachteil ist darin zu erblicken, daß der untere Teil des Wasserbehälters vom einströmenden kalten

Wasser auf dessen Einlauftemperatur (im Winter u. U. weniger als 10 ° C) abgekühlt wird, wodurch ein Wasserkondensat in der Isolationsschicht im Unterteil ausscheidet. Die Wärmeisolierfestigkeit wird dabei herabgesetzt, was an der hohen Oberflächentemperatur dieses Teils beobachtet werden kann. Diese Temperaturerhöhung wird zum Teil noch durch die Kalt- und Warmwasserröhren verstärkt, welche die Außen- bzw. Innenmäntel metallisch überbrükken, obgleich heute diese Teilstrecke der Röhren oft aus Gummischlauch hergestellt wird. Das lästige und verlustbringende Tropfen nach Ablassen des Warmwassers durch die Volumenerweiterung des eingeströmten Ersatzkaltwassers läßt sich nur durch kostspielige mechanische Vorrichtungen vermeiden. Ferner kann das schnelle Öffnen des Kaltwasserhahnes einen Überdruck und sogar Platzen des Warmwasserbehälters herbeiführen. Die Einbaukosten werden durch die dicken Rohre, namentlich bei langen Leitungen, sehr hoch. Endlich wird das Fehlen eines selbsttätigen Temperaturreglers hervorgehoben, welcher bei den fraglichen verhältnismäßig geringen Temperaturdifferenzen durchaus zuverlässig arbeitet.

Abb. 9. Warmwasserapparat nach Stålhane.

Stålhane hat nun im Elektrowärmeinstitut der Ingenieurwissenschafts-Akademie Stockholm eine Konstruktion entwickelt, die durch die Kombination eines Durchlauferhitzers mit einem gut isolierten Warmwasserbehälter gekennzeichnet ist. Das kalte Wasser wird dem Erhitzer dauernd zugeführt, u. zw. so langsam, daß die vorgesehene Warmwassertemperatur beim Verlassen erreicht worden ist und dem Behälter zugeführt wird. Dem letzteren wird das Warmwasser durch ein Ablaßrohr mit Hahn am Boden entnommen. Die Einzelteile sind aus Abb. 9 ersichtlich. Durch das Rohr *1* wird das kalte Wasser zugeführt und gelangt nach Durchlauf des Erhitzers durch Rohr *2* in den Warmwasserbehälter *3*, wo die verfügbare Menge am Wasserstandsglas *4* abgelesen wird. Die Warmwasserentnahme erfolgt mittels des Hahnes *5*. Bei steigender Wasseroberfläche wird der Schwimmer *6* gehoben, so daß über das Gestänge *7* der in Reihe mit dem Heizkörper *8* geschaltete Quecksilberschalter *9* den Strom unterbricht. Der Durchlauferhitzer wird dann in kurzer Zeit mit kaltem Wasser gefüllt. Ein Messingrohr *10* zieht sich dabei zusammen und drückt einen Stab *11* aus Invar gegen ein Kugelventil, wodurch die Kaltwasserzufuhr gesperrt wird. Durch Einstellung des zurückzulegenden Weges kann die Einlaufgeschwindigkeit des kalten Wassers und somit die Temperatur des Warmwassers nach Belieben gewählt werden.

Bei Verwendung als Badewassererwärmer mit Dusche wird ein besonderer Mischhahn vorgesehen, weil das Warmwasser den Behälter nur unter Selbstdruck verläßt.

Die anfangs erwähnten Nachteile wurden in der beschriebenen Konstruktion in folgender Weise behoben: Das Wasserstandsrohr zeigt in der Küche bzw. im Badezimmer stets an, wieviel Warmwasser vorhanden ist. Ein Niederschlag von Wasser in die untere Isolationsschicht erfolgt nicht, weil der gesamte Wasserinhalt die gleiche einstellbare Temperatur hat. Sobald Warmwasser abgelassen wird, strömt sofort neues Wasser hinzu. Wird der Warmwasserapparat, z. B. bei Reisen, für einige Zeit nicht gebraucht, wurde die elektrische Beheizung bei älteren Typen meistens abgestellt, so daß bei der Rückkehr nur kaltes Wasser verfügbar war. Bei dem neuen Apparat ist die Wärmeableitung eine minimale, so daß das Wasser nach einigen Tagen noch zu gebrauchen sein dürfte. Wenn der Behälter abgelassen wird, liefert er darauf sofort wieder warmes Wasser. Ein Nachtropfen von Wasser sowie Wasserschläge sind bei der neuen Konstruktion gänzlich ausgeschlossen. Für die Küche hat sich eine Warmwassertemperatur von 60 ° C als die günstigste erwiesen. Ein sparsamer Stromverbrauch läßt sich dadurch erzielen, daß das kalte Wasser durch entsprechende Rohrverlegung auf die Raumtemperatur vorgewärmt wird. Die getrennte Herstellung von Wasserbehälter und Durchlauferhitzer, der Ersatz des sonst üblichen elektrischen Reglers durch einen mechanischen Regler, der leicht zugängliche horizontal angeordnete Heizkörper usw. sind alles Verbesserungen, die einen technischen Erfolg versprechen. (Elektricitet. Ration. Användning Bd. 4. H. 2, S. 25.) *Hldn.*

Installation.

Installation von Wolkenkratzern. — Die Installation von Hochhäusern bietet wegen der hohen Leistungskonzentration auf verhältnismäßig kleiner Grundfläche manche interessanten Einzelheiten. Trotzdem es sich dabei meist um Bürogebäude handelt, gehen die Anschlußwerte in die Tausende von Kilowatt, u. zw. keineswegs allein für Beleuchtung. Bei dem kürzlich fertiggestellten höchsten Gebäude der Welt, dem 86stöckigen Empire State Building (Gesamthöhe bis zum 86. Flur 318 m, hierauf kommt noch ein 60 m hoher Leucht- und Ankermast für Luftschiffe) in New York beträgt der Anschlußwert der Transformatorstationen 7800 kVA. Der Anschlußwert der Belastung dagegen ist für Licht 6000 kW und Kraft 7000 kW, der zugrunde gelegte Gleichzeitigkeitsfaktor ist also rd. 0,5. Bei Veranschlagung der Beleuchtung ist mit einem Verbrauch von rd. 20 W auf 1 m² nutzbare Grundfläche gerechnet worden, was im Hinblick auf bisher erreichte Verbrauchszahlen reichlich ist. Unter den Kraftanschlüssen sind bemerkenswert 4 Feuerlöschpumpen von je 200 PS, von denen zwei im Keller, eine auf dem 41. und eine auf dem 84. Flur aufgestellt worden sind. Die sonstigen Kraftanschlüsse sind hauptsächlich Aufzüge (nicht weniger als 67) und Ventilatoren, daneben noch einige Pumpen. Versorgt wird das Gebäude mit 13 800 V aus dem Netz der United Edison Co. Es sind 3 Transformatorstationen eingerichtet worden, die in gleicher Höhe mit den Feuerlöschpumpensätzen untergebracht sind. Eine bemerkenswerte, wenn auch nicht recht verständliche Einrichtung besteht darin, daß die Transformatoren primär keinerlei Schutz enthalten, so daß sie bei einem Kurzschlusse, der nicht durch die Niederspannungs-Selbstschalter abgeschaltet wird, im nächsten Unterwerk der Edison Co. die selbsttätigen Schalter herausfallen lassen. Die Zuführungskabel münden von 33. und 34. Street aus in das Kellergeschoß, wo sie zum Transformatorenraum geführt werden (Abb. 10). Aus diesem kommen 4 Betriebs- und 1 Reservekabel heraus, treten dann in eine Verteilungskammer ein und steigen von dieser aus senkrecht rd. 150 m bis zu der Verteilungskammer im 41. Stock empor. Von dort laufen sie horizontal weiter zum Transformatorenraume und gehen dann weiter zum Steigschacht, in dem sie zum 84. Stockwerk und zum dort untergebrachten Transforma-

a Sicherung
b Trennstück
c Drosselspulen
d Transformatorensatz
e Netzschalter
f Reservekabel
g 13 800 V-Speisekabel
h 120/208 V-Sammelschienen
i 120/208 V-Leitung
k zum Niedersp.-Netz (33. Street)
l von 33. Street
m von 34. Street

Abb. 10. Schaltplan einer Installation für Hochhäuser.

torraume emporsteigen. Die Kabel selbst sind an den höchsten Punkten frei aufgehängt, wobei sie in besonderen Haltern mittels der Armaturdrähte eingeklemmt sind[1]. Es bleibt abzuwarten, wie diese Ausführung sich bewährt. Außerdem ist das Verteilungsystem noch an das Niederspannungsnetz 120/208 V der Edison Co. durch 2 Kabel angeschlossen, die allerdings wohl kaum mehr als Notbeleuchtung liefern können. Da diese Kabel aber unmittelbar zu den allgemeinen Niederspannungs-Sammelschienen führen, ist schwer einzusehen, wie sie diese Funktion ausüben können. — Gerade entgegengesetzte Grundsätze waren bei der Installation des zwar nur 25 Stockwerke hohen, aber seiner Grundfläche nach besonders großen Merchandise Mart Building in Chicago maßgebend. Während die nutzbare Grundfläche beim Empire State Building 260 000 m² beträgt, hat dieses Gebäude 372 000 m². Trotzdem ist der Lastanschlußwert derselbe, für Licht 8000 kW, für Kraft etwas über 5000 kW. Der Transformatoren-Anschlußwert ist dagegen 9000 kVA, der zugrunde gelegte Gleichzeitigkeitsfaktor also 0,6, was ziemlich hoch erscheint. Eine Rentabilitätsrechnung ergab, daß bei Verteilung mehrerer Transformatorstationen auf das Gebäude der Ausfall an vermietbarem Raum eine größere Kapitalinvestition bedeutete als die Anlegung nur eines Umspannwerkes und die Verteilung durch Niederspannung mit dementsprechend schweren Leitungen. Daher wurde auf dem 9. Flur, also ziemlich im Mittelpunkte des Gebäudes, ein Hauptumspannwerk errichtet, von dem aus das ganze Gebäude versorgt wird. Jeder Flur ist in 11 Abschnitte eingeteilt, jeder Abschnitt hat einen Steigeschacht mit Hauptschaltbrett. Durch passende Anlage der Schächte und Querschnittsbemessung ist erreicht worden, daß der Spannungsverlust in jedem Stromkreise bis zur entferntesten Lampe nur 2 V beträgt, wobei mit 1000 W Belastung gerechnet wurde. In den Speiseleitungen sind 3 V zugelassen. Die verkettete Spannung für Beleuchtung beträgt 230 V. Auch hier ist mit einer Lichtbelastung von rd. 20 W/m² gerechnet worden. Für Kraftanschlüsse ist eine besondere Versorgung mit 440 V verketteter Spannung gelegt worden. Alle Leitungen sind in starken Rohren verlegt, die unter den Decken aufgehängt und verkleidet sind. Während bei dem New-Yorker Gebäude durch Verlegung der Leitungen innerhalb der Decken eine Höhe von

[1] Bei einer solch beträchtlichen Vertikalstrecke entstehen freilich u. U. in den Kabeln ganz erhebliche statische Öldrücke, die namentlich bei einem Kurzschluß den Bleimantel gefährden können, wie dies in Europa schon bei weit geringeren vertikalen Erstreckungen beobachtet worden ist. Anm. d. Ref.

Abb. 11. Lokomotive für 2000 V Gleichstrom (Aufriß u. Längsschnitt).

4 cm für jedes Stockwerk und somit für das ganze Haus mehr als 3 m gespart werden konnten, ist bei dem Chicagoer Gebäude darauf scheinbar weniger Wert gelegt worden. Die Kraftanschlüsse bei diesem verteilen sich folgendermaßen:

Ventilatoren	1647 PS	Arbeitsmaschinen	400 PS
Aufzüge	2605 „	Kühlanlagen	420 „
Pumpen	508 „	Rohrpost	300 „
Motorgeneratoren	750 „	Verschiedenes	280 „

Ein Reserveanschluß für Notbeleuchtung und Feuerlöschpumpen an das Gleichstromnetz der Commonwealth Edison Co. ist vorgesehen. (El. World Bd. 96, S. 474; Bd. 97, S. 328.) *Ha.*

Bahnen und Fahrzeuge.

Neue Gleichstromlokomotiven großer Geschwindigkeit für 2000 V Gleichstrom. — Für die Strecken Bologna—Florenz und Rom—Neapel hat die italienische Staatsbahn neue Gleichstromlokomotiven der Type E. 326 entworfen. Die hauptsächlichsten Angaben der Maschinen sind:

Achsfolge	2 C 2
Gesamtlänge	16,30 m
größter Achsabstand	13,20 „
größter Achsstand der Triebachsen	5,00 „
Durchmesser der Triebräder	2,05 „
„ „ Laufräder	1,10 „
Dauerleistung	2 000 kW
Betriebsgewicht	113,0 t
Achslast	2,0 t
Gewicht der elektrischen Ausrüstung	43,5 t
Höchstgeschwindigkeit	130 km/h.

Wie die Abb. 11 u. 12 zeigen, hat die Lokomotive drei Triebachsen, von denen jede durch 2 Zwillingsmotoren mit Zahnradübertragung angetrieben wird. Der Antrieb, der in Italien immer mehr bei Lokomotiven großer Geschwindigkeit zur Anwendung kommt, wurde von Ing. Bianchi der italienischen Staatsbahnen dadurch vervollkommnet, daß eine besondere Anordnung von Blattfedern in der flexiblen Kupplung vorgesehen wurde.

Abb. 12. Lokomotive für 2000 V Gleichstrom (Querschnitte).

Die bisherigen Lokomotiven für 3000 V Gleichstrom der italienischen Staatsbahnen hatten als Höchstgeschwindigkeit 100 km/h. Bei den Probefahrten mit der ersten von Breda, Mailand, erbauten Maschine dieser Type wurde mit Zügen von 400 t eine Geschwindigkeit von 120 km/h überschritten und dabei ein vollkommen ruhiger Gang festgestellt. *Rtz.*

Fernmeldetechnik.

Bestimmung der Lage von Nebensprechen verursachenden Fehlern in belasteten Fernsprechkabeln. — Die nachstehend beschriebenen beiden Methoden benutzen Wechselstrom veränderlicher Frequenz und sind nur wenig von der Konstanz des Fehlers abhängig. Abb. 13 zeigt rechts einen in üblicher Weise abgeschlossenen Vierer, dessen oberes Paar den seiner Lage nach zu bestimmenden Fehler enthält. An eine seiner Adern ist eine Brückenschaltung über einen veränderlichen Widerstand R und eine veränderliche Induktivität L, an die andere Ader ein fester Widerstand und eine feste Induktivität geschaltet. Der Strom verläuft von der Quelle S über den zweiten, in Phantomschaltung befindlichen Stamm, über die Kopplungsstelle zum Stamm *1* und über die Brückenzweige zurück zur Stromquelle S. Man ermittelt nun für Frequenzen in gleichen Intervallen (20 ... 40 Hz) zwischen 400 und 2000 Hz

Abb. 13.

diejenigen Einstellungen von R und L, bei denen die Brückendiagonale stromlos ist, und trägt die Meßwerte in Abhängigkeit von ω auf. Abweichungen machen sich durch periodische Buckel in der Kurve bemerkbar. Die Veränderungen in den Einstellungen von R und L entsprechen der Laufzeit des Stromes auf dem phantomgeschalteten Stamm *2* hin zur Fehlerstelle und der Laufzeit von ihr zurück zur Brücke auf Stamm *1*. Die Entfernung x der Fehlerstelle bestimmt sich dann zu

Abb. 14.

$$x = \frac{V_1 V_2}{(V_1 + V_2) f},$$

worin V_1 und V_2 die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten auf dem Stamm- und Phantomzweig und f den Frequenzunterschied zwischen zwei Buckeln der Kurve bedeuten. Man kann, um die Einzelbestimmung von V_1 und V_2 zu umgehen, die Formel $x = V/2f$ benutzen und durch eine Messung an einem sonst fehlerfreien Vierer, in welchem in bekanntem Abstand eine Widerstandsunsymmetrie künstlich angebracht ist, die Größe von V bestimmen.

Die zweite Methode benutzt folgende Anordnung (Abb. 14): Der störende und der gestörte Kreis sind am einen Ende durch eine Nebensprech-Meßeinrichtung, am andern Ende durch eine Abschlußschaltung verbunden. Angenommen, es befinde sich bei B ein besonders ausgeprägter Fehler. Erzeugt man nun am Anfang, also bei A, einen zweiten starken Fehler, so erhält man eine Kurve mit stark ausgeprägten Buckeln. Der Frequenzunterschied entspricht der Laufzeit auf dem Wege ABA, und x berechnet sich aus obiger Formel, wobei V_1 und V_2 die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten auf beiden Kreisen bedeuten. Eine zweite Messung (Kurve) wird erhalten, wenn man statt in A am Ende, also bei C, den künstlichen Fehler anbringt. Für die Laufzeit kommt dann die Strecke BCB in Betracht. Ein Vertauschen der Meßeinrichtung und der Abschlußschaltung ist dabei nicht nötig, beide Messungen müssen denselben Lagepunkt für den Fehler B ergeben. Die Geschwindigkeiten werden wieder ermittelt, indem man eine dritte Messung an zwei fehlerfreien Kreisen macht, bei denen künstliche Fehler

an beiden Enden hervorgerufen werden. Die Empfindlichkeit der Methoden hängt von der richtigen Größe der künstlichen Fehler ab; anwendbar sind sie jedoch nur für Nebensprech-, nicht für Gegennebensprech-Messung. — Eine Messung ergab z. B.: $V_1 = 14\,600$ km/s, $V_2 = 20\,400$ km/s; f war dabei 398 Hz. Der das Nebensprechen verursachende Fehler lag danach 21,4 km vom Meßgerät entfernt. (K. E. Latimer, El. Commun. Bd. 8, S. 45.) *Eg.*

Kondensatoren mit geringem Raumbedarf. — Bei der Herstellung von Rundfunkgeräten ist die Beschränkung des Raumbedarfs ein wesentlicher Gesichtspunkt. Das Streben der Telephon-Apparat-Fabrik E. Zwietusch & Co. G. m. b. H., Charlottenburg, ging nun dahin, einen Rundfunkkondensator zu schaffen, der trotz der Verkleinerung der Abmessungen der alten Type mit großem Raumbedarf an Qualität nicht nachsteht. Dabei kam es vor allem darauf an, durch einwandfreie Imprägnierung die außerordentlich hohe dielektrische Beanspruchung zu ermöglichen, die bereits bei normalen Kondensatoren in der Größenordnung von 100 000 V/cm liegt. In nachstehender Zahlentafel sind die Daten der alten und neuen Type gegenübergestellt.

Kapazität	Normaltype (Prüfgleichsp. 1500 V)		Sondertype (Prüfgleichsp. 1500 V)		Raumersparnis	Gewichtsersparnis
μF	Abmessungen in mm	Gewicht g	Abmessung. in mm	Gewicht g	in %	in %
1	35 × 45 × 50	150	15 × 45 × 50	80	57	47
2	60 × 45 × 54	250	25 × 45 × 50	119	39	52
4	120 × 45 × 54	485	45 × 45 × 50	192	65	60
8	50 × 120 × 150	1400	90 × 45 × 50	365	77	74

Wie aus der Tafel hervorgeht, wird auch eine wesentliche Gewichtsersparnis erzielt, was für den Export wegen der Verringerung von Fracht und Zoll von besonderer Bedeutung ist. Endlich konnten bei dieser Sondertype, die sowohl mit Löt- als auch mit Löt- und Schraubanschlüssen geliefert wird, die Preise erheblich herabgesetzt werden. *fi*

Energiewirtschaft.

Untersuchung städtischer Belastungsverhältnisse. — Im Osnabrücker Stromversorgungsgebiet sind 1929/30 vom dortigen städtischen Betriebsamt in Gemeinschaft mit dem Lehrfach für Elektrizitätswirtschaft der T. H. Berlin eingehende Untersuchungen angestellt worden, deren Zweck einerseits die Klarstellung gewisser, speziell das E. W. Osnabrück interessierender Fragen war, anderseits die Beschaffung von der Wirklichkeit entsprechenden Unterlagen für allgemeinere Berechnungen. Auf die Notwendigkeit, dem Wissenschaftler und Techniker allgemeingültige Erfahrungswerte der wichtigsten elektrizitätswirtschaftlichen Größen an die Hand zu geben, ist in letzter Zeit mehrfach hingewiesen worden (u. a. von Schneider, ETZ 1931, S. 218; Schnaus, ETZ 1931, S. 441, 468). Wenn man den hier ermittelten Werten auch keine absolute Allgemeingültigkeit wird zuerkennen können, so ist es doch sehr zu begrüßen, daß mit ihrer Veröffentlichung ein Anfang gemacht wurde, dem hoffentlich bald die Bekanntgabe der Ergebnisse ähnlicher Untersuchungen aus anderen Versorgungsgebieten folgen wird. Damit wäre dann die Möglichkeit gegeben, Vergleiche anzustellen und derartige Erfahrungszahlen auf breitester Basis anzuwenden.

Man hat die Abnehmer in Osnabrück in 10 Gruppen unterteilt, wobei man sich im wesentlichen an die Tarifgebarung des Elektrizitätswerks hielt:

A Hochspannungsabnehmer,
B, C } Niederspannungs-Großkraftabnehmer,
D Gleichstromabnehmer,
E Straßenbahn,
F, G } Niederspannungs-Großlichtabnehmer,
H Niederspannungs-Lichtabnehmer (gewerblicher Bedarf),
K Kleinkraftverbrauch,
L Kleinlichtverbrauch.

Innerhalb der Gruppen A bis C wurde jeder einzelne Abnehmer registrierend gemessen, die Gruppen D und E dagegen wurden summarisch an den von den Umformern abgehenden Leitungen erfaßt; die unter F, G und K fallenden Abnehmer wurden nicht sämtlich einzeln gemessen, jedoch in so großer Anzahl, daß die Gruppencharakteristik aufgebaut werden konnte, während die für H und L geltenden Belastungswerte durch Summenmessungen an Kabelabschnitten erhalten wurden. Diese Gruppenkennlinien, die im wesentlichen für den Monat der Werkshöchstlast (Dezember) gelten, wurden in das Diagramm der mittleren Werksbelastung während dieses Monats eingetragen, ebenso die angenähert errechneten Verluste. Diese Aufteilung ergibt ein anschauliches Bild der Beteiligung der verschiedenen Abnehmergruppen an der Gesamtbelastung, insbesondere auch ihres Anteils an der Werkshöchstlast. Die wichtigsten Ergebnisse der Untersuchung sind in untenstehender Zahlentafel kurz zusammengefaßt, welche ebenso wie Abb. 15 dem Originalbericht entnommen ist. Zum besseren Verständnis sei darauf aufmerksam gemacht, daß die angewandten Bezeichnungen den von Windel in der ETZ 1930, S. 738, vorgeschlagenen entsprechen, wobei die Bezugnahme auf eine Abnehmergruppe durch eingestrichene Buchstaben (z. B. S′) auf eine Untergruppe durch zweigestrichene Buchstaben (z. B. S″) angedeutet wird. Der Anteil an der Werkshöchstlast wird mit S_w bezeichnet.

Mit Hilfe weiterer, während eines ganzen Jahres vorgenommener Messungen, der Angaben von Maximum- sowie von normalen Zählern ist der Anteil der verschiedenen Gruppen an der mittleren monatlichen Werkshöchstlast auch für die übrigen Monate des Jahres ermittelt worden, wie aus Abb. 15 ersichtlich. Zu berücksichtigen ist hierbei, daß die Werkspitze während der Monate Mai, Juni, Juli vormittags auftritt, welche Erscheinung durch das Überwiegen der industriellen Belastung in diesen Monaten verursacht wird.

Lfd. Nr.	Abnehmergruppe		Abbildung	Anteil an der Werkshöchstlast %	Gleichzeitigkeitsziffer	Gleichzeitigkeitsfaktor		Benutzungsdauer des Anschlußwertes h_{A_w} Std.	Benutzungsdauer der Gruppenspitze h_S Std.	Benutzungsdauer des Anteils an der Werkshöchstlast h_{S_w} $\frac{kWh}{kW}$
				Errechnet aus:						
				$\frac{S'_w}{S_w} \cdot 100$	$\frac{S'}{A'_w}$	$\frac{S'}{\sum(S)}$	$\frac{S'}{\sum(S'')}$	$\frac{F'}{A'_w}$	$\frac{F'}{S'}$	$\frac{F'}{S'_w}$
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	A	Großkraftabnehmer (A–C)	25	17,0 (A–C)	0,315	0,60	—	1 600	5 445	8 450
2	B		40		0,236	0,59	—	600	2 830	5 070
3	C		60		0,228	0,46	—	600	1 360	4 055
4	D	Gleichstromabnehmer	61	4,5	0,280	—[1]	—	325	4 040	4 840
5	E	Straßenbahnen	62	4,5	0,111	—[1]	—	620	5 600	5 640
6	K	Kleinkraftabnehmer	73	1,5	0,140	—	0,89	210	1 500	4 150
7	F	Großlichtabnehmer (F–G)	83	14,0 (F–G)	0,550	0,83	—	1 070	1 940	1 940
8	G		84		0,550	0,83	—	885	1 790	1 970
9	H	Kleine Geschäfte	88	20,5	0,910	—	1,00	920	1 050	1 050
10	L	Kleinlichtabnehmer	93	24,5	0,430	—	0,96	415	960	1 070
11		Elektrizitätswerk	1	100[2]	$\frac{S}{\sum(A'_w)} \approx 0,33$[2]	—	$\frac{S}{\sum(S')} = 0,94$[2]	890[3]	2 680[3]	2 680[3]

[1] Summenmessung der ganzen Gruppe, daher Einzelspitzen unbekannt. — [2] Einschließlich Verlustleistung. — [3] Bezogen auf nutzbar abgegebene Arbeit.

Der Anteil der Kleinlichtabnehmer an der Jahreshöchstlast ist erheblich. Es hat sich gezeigt, daß die Gleichzeitigkeitsziffer in den kleinsten Wohnungen ihren Höchstwert erreicht, die Benutzungsdauer des Anschlußwertes dagegen in den größeren Etagenwohnungen. Eine nennenswerte Anschlußbewegung für Haus- und Küchen-

geräte hat erst nach Beendigung der Untersuchung infolge Einführung geeigneter Tarife und Werbung eingesetzt. Die Elektrisierung des Handwerks ist mit Ausnahme des holzverarbeitenden Gewerbes in erheblich stärkerem Maße durchgeführt, als dem durch den Enqueteausschuß ermittelten Reichsdurchschnitt entspricht, ebenso liegen die mittleren Anschlußwerte durchweg höher. Der Anteil der Kleinkraftabnehmer an der Werksbelastung wie an der insgesamt verkauften Arbeit ist jedoch recht gering, so daß die von anderer Seite häufig ausgesprochenen Erwartungen betreffs einer Verbesserung der Belastungsverhältnisse durch diese Abnehmergruppe sich nur in geringem Maße erfüllen dürften.

Abb. 15. Anteil der Abnehmergruppen an der mittleren monatlichen Werkshöchstbelastung.

Für Projektierungsarbeiten u. dgl. können die charakteristischen Belastungsdiagramme sämtlicher Arten von Abnehmern, die der Veröffentlichung beigegeben sind, ein wertvolles Hilfsmittel darstellen. (W. W i n d e l und W. W e n d h u t, Das öffentl. Elektrizitätsw. Bd. 2, S. 295 [1930]; Bd. 3, S. 4, 43, 60, 92, 120, 140, 164 [1931] [1]) *Ls.*

[1] Herausgabe in Broschürenform beim städt. Betriebsamt Osnabrück in Vorbereitung.

Erzeugung und Verbrauch elektrischer Arbeit in Deutschland[1]. — Auch im J u n i 1931 hat die E r z e u g u n g der 122 Elektrizitätswerke abgenommen, u. zw. gegen den Vormonat um 11,2 Mill kWh (1 %) und gegen den Juni 1930 um 76,8 Mill kWh (6,6 %). Arbeitstäglich betrug diese Verringerung 3,969 Mill kWh (8,6 %) bzw. 6,704 Mill kWh (14 %). Nach Angabe des Statistischen Reichsamts sind im e r s t e n H a l b j a h r 1931 insgesamt 7,164 Mrd kWh oder 12 % weniger als in der Parallelperiode des Vorjahres produziert worden. Bei den erfaßten 28 rheinisch-westfälischen Kraftwerken belief sich der entsprechende Rückgang auf 17 %. Der A n s c h l u ß w e r t der von 103 Werken unmittelbar belieferten gewerblichen Abnehmer ist im M a i, verglichen mit dem Vormonat, um 19 000 kW gestiegen, gegen den Mai 1930 aber um 15 000 kW gefallen. Für den V e r b r a u c h ergibt sich gegenüber dem April eine Zunahme um 3,2 und arbeitstäglich um 0,136 Mill kWh, im Vergleich mit dem Parallelmonat des Vorjahres aber eine Senkung um 55,5 Mill kWh (11 %) bzw. 0,712 Mill kWh (3,7 %). Die Erhöhung gegen den April erklärt das Reichsamt z. T. rein rechnerisch aus der ungewöhnlich großen Zahl von Sonn- und Feiertagen, da die an diesen bezogene, wenn auch geringe Strommenge in der arbeitstäglichen Erzeugung mit enthalten sei. Hiermit hänge auch der gegen die Vormonate verhältnismäßig günstige Verbrauchstand gegenüber der entsprechenden Vorjahrsziffer zusammen.

Monat	Arbeitstage		Von 122 Elektrizitätswerken selbst erzeugte Mill kWh				Anschlußwert und Verbrauch der von 103 Elektrizitätswerken direkt belieferten gewerblichen Abnehmer							
			insgesamt		arbeitstäglich		Anschlußwert Mill kW		Gesamtverbrauch Mill kWh		arbeitstäglicher Verbrauch insgesamt Mill kWh		arbeitstäglicher Verbrauch kWh/kW Anschlußwert	
	1931	1930	1931	1930	1931	1930	1931	1930	1931	1930	1931	1930	1931	1930
I.	26	26	1357,6	1555,7	52,2	59,8	4,6	4,6	462,5	545,0	17,8	21,0	3,9	4,6
II.	24	24	1208,5	1392,5	50,3	58,0	4,6	4,6	438,5	512,3	18,3	21,3	4,0	4,7
III.	26	26	1266,9	1430,1	48,7	55,0	4,6	4,6	458,8	523,4	17,6	20,1	3,8	4,4
IV.	24	24	1133,2	1291,7	47,2	53,8	4,6	4,6	440,2	485,8	18,3	20,2	4,0	4,4
V.	24	26	1104,5	1296,4	46,0	49,9	4,6	4,6	443,4	498,9	18,5	19,2	4,0	4,2
VI.	26	24	1093,3	1170,1	42,1	48,8	.	4,6	.	463,8	.	19,3	.	4,2

[1] Vgl. ETZ 1931, S. 1044.

VEREINSNACHRICHTEN.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker

(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 7 Pallas 7286.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 218 12.

Bekanntmachung.

Unter dem Protektorat der Internationalen Elektrotechnischen Commission (IEC) wird im Jahre 1932 in Paris ein Erinnerungs-Kongreß an den vor 50 Jahren, 1881, in Paris abgehaltenen „Elektriker-Kongreß" stattfinden.

Das zuständige Deutsche Kommittee der IEC ist von Paris aus ersucht worden, einen Arbeitsausschuß für Deutschland zum Zwecke der Vorbereitung dieses Kongresses zu bilden.

Deutscherseits ist beschlossen worden, dieser Aufforderung nachzukommen, obgleich die augenblickliche Wirtschaftslage die größte Zurückhaltung für die Teilnahme Deutschlands an internationalen Kongressen verlangt.

Der Kongreß soll den führenden Elektrotechnikern und Wissenschaftlern der einschlägigen Fachgebiete Gelegenheit geben, sich über die schwebenden Probleme auszusprechen.

Zu diesem Zweck sind bestimmte Kreise ersucht worden, sich an der Berichterstattung zu beteiligen.

Das Deutsche Kommittee der IEC hat es als z u s t ä n d i g e Stelle übernommen, die eingehenden Berichte zu sichten und in geeigneter Weise dem französischen Ausschuß zu übermitteln.

Alle Auskünfte und Rückfragen in der Angelegenheit des Pariser Elektrizitäts-Kongresses 1932 sind daher an das D e u t s c h e K o m m i t t e e d e r I E C, Berlin W 57, Potsdamer Str. 68, zu richten.

Der Schriftführer:
P. S c h i r p.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

K. Rohlfing †.

Am 13. August verstarb an einem Herzschlag Herr Ministerialrat i. R., Geheimer Postrat Konrad R o h l f i n g im 67. Lebensjahr. Er trat 1886 in Hildesheim in den Dienst der Reichs-Post- und -Telegraphenverwaltung, bestand 1893 die höhere Verwaltungsprüfung und war nach seinem Aufstieg in die höheren Stellen des Telegraphendienstes längere Zeit bei den Oberpostdirektionen Köln und Potsdam tätig. Nach Beendigung des Krieges, an dem er gleichfalls in verantwortlichen Stellungen teilgenommen hat, wurde Geheimrat Rohlfing zur Bearbeitung von Angelegenheiten des Telegraphenbaudienstes in das Reichspostministerium berufen, 1920 zum Ministerialrat ernannt und führte in den letzten Jahren bis zu seinem im Vorjahr erfolgten Übertritt in den Ruhestand die Geschäfte eines Abteilungsdirigenten für den Telegraphenbau.

Mit klarem Blick für die Bedürfnisse des Verkehrs und der Technik stellte er alsbald das Telegraphenbauwesen auf neuzeitliche Grundlage um und schuf damit die organisatorischen Voraussetzungen für die Lösung der gegenüber der Vorkriegszeit erheblich gewachsenen telegraphenbautechnischen Aufgaben. Die in gleicher Zielsetzung nachdrücklich geförderte Ausbildung des Baupersonals, insbesondere die Sicherstellung eines handwerklich gut durchgebildeten Nachwuchses, die Entwicklung neuer Bauweisen und die Auswertung der Fortschritte neuzeitlicher Verkehrs- und Werktechnik für die Zwecke des Telegraphenbaudienstes sind für immer mit seinem Namen verbunden.

Auch auf dem für die gesamte Elektrotechnik bedeutsamen Gebiet des Holzschutzes hat sich der Verstorbene in enger Zusammenarbeit mit den beteiligten wissenschaftlichen Kreisen erfolgreich betätigt.

Sein Andenken wird stets in Ehren gehalten werden.

G. Schick †.

Völlig unerwartet ist am 13. VIII. d. J. in Berlin Herr Georg Schick, Prokurist der Siemens-Schuckertwerke, im 62. Lebensjahr an einem Herzschlag verstorben. Schick wurde am 4. August 1870 in Mainz geboren. Nach einer zweijährigen praktischen Ausbildung bei Hartmann & Braun studierte er 8 Semester Elektrotechnik an den TH München, Hannover und Darmstadt, wo er 1895 auch das Diplomexamen ablegte. Im Anschluß daran war er ein Jahr lang bei Kittler als Privatassistent tätig. Hier hatte er neben seiner Lehrtätigkeit reiche Gelegenheit, sich bei der Projektierung und Abnahme von Elektrizitätswerken zu betätigen. Außerdem unterstützte er Kittler bei der Abfassung des zweiten Bandes seines berühmten Handbuches der Elektrotechnik. Anfang 1896 trat Schick dann in die Zentralenabteilung von Siemens & Halske ein und war von da ab bis zu seinem Ende 35 Jahre lang ununterbrochen für das Haus Siemens tätig. Als 1903 die Starkstromabteilungen von Siemens & Halske und Schuckert zu den Siemens-Schuckertwerken zusammengeschlossen wurden, trat er zu diesen über und erhielt 1904 im Charlottenburger Werk, das damals noch die meisten Starkstromwerke der SSW umfaßte, eine leitende Stellung, indem ihm unter gleichzeitiger Erteilung der Prokura die Aufsicht über die Konstruktions- und Rechnungsbüros sowie die Versuchs- und Prüffelder übertragen wurde. Als wenige Jahre später der Großmaschinenbau der SSW in Berlin nach dem neuerrichteten Dynamowerk in Siemensstadt übersiedelte, wurde er in gleicher Eigenschaft diesem Werke zugeteilt, dem er in einem Zeitraum von 25 Jahren den größten Teil seiner Lebensarbeit widmete. Hier nahmen ihn hauptsächlich Organisations-, Personal- und Tariffragen in Anspruch. In den letzten beiden Jahren übernahm er im Rahmen der Zentral-Werksverwaltung die Organisation des Ingenieur-Fortbildungswesens, das er in kurzer Zeit auf eine beachtliche Höhe brachte.

G. Schick †.

Herr Schick ist in seinem Wirken wenig an die Öffentlichkeit getreten, desto größer sind aber seine Verdienste besonders um die organisatorische Entwicklung einzelner Werke der SSW. Mit Geschick und vorbildlicher Pflichttreue hat er hier geschaltet und sich die Hochschätzung und Zuneigung aller Kreise erworben, mit denen er dabei in Berührung kam. Daß er nicht nur bei seinen Kollegen sondern auch bei den Arbeitern des von ihm betreuten Dynamowerks besonders beliebt war, beweist eine Adresse, die ihm zu seinem 25jährigen Jubiläum von 42 Jubilaren dieses Werks überreicht wurde und die Aufschrift trug: „Die Jubilare dem Jubilar". Für seine Verdienste um die Leitung des Siemens-Lazaretts während des Weltkrieges wurde ihm die Rote-Kreuz-Medaille III. Kl. verliehen.

Als Freund einfacher, heiterer Geselligkeit löste Schick die schwierige Aufgabe, nach der Begründung der Siemens-Schuckertwerke die Bürovorstände der beiden zusammengeschlossenen Firmen einander persönlich näher zu bringen, durch die Errichtung regelmäßiger kameradschaftlicher Abende, die viel zu der innigen Verschmelzung von Nord und Süd beigetragen haben.

Alois Höchtl.

Herr Alois Höchtl, Oberbaurat bei den Städtischen Elektrizitätswerken München, wird Anfang 1932 in den Ruhestand übertreten und hat schon jetzt aus gesundheitlichen Rücksichten um seine Beurlaubung nachgesucht.

Die Würdigung der fast 40jährigen Dienstzeit bei den Städtischen Elektrizitätswerken München ist von anderer berufener Seite gebührend erfolgt.

Durch das Hauptarbeitsgebiet des Herrn Höchtl, nämlich die Überwachung der Installation elektrischer Anlagen, kam er schon frühzeitig in enge Beziehung zu den Arbeiten des VDE. Bereits im Jahre 1895 war er zusammen mit Uppenborn an den Arbeiten des VDE beteiligt und ist seit dieser Zeit ununterbrochen in den maßgebenden Kommissionen des VDE tätig gewesen. 1907 wurde er an Stelle Uppenborns in die Kommission für Errichtungsvorschriften und bald darauf auch in die Kommission für Installationsmaterial als ordentliches Mitglied aufgenommen. Im Jahre 1919 wurde er von der Kommission für Installationsmaterial als erster Vorsitzender gewählt und hat den Vorsitz dieser Kommission seitdem ununterbrochen und mit größtem Erfolg geführt.

Die Jahresversammlungen, die der VDE in den Jahren 1895, 1911 und 1922 in München abhielt, sind von Höchtl in mustergültiger Weise vorbereitet und durchgeführt worden. Auch in der Leitung verschiedener technischer Ausstellungen und Veranstaltungen hat er immer wieder seine hervorragende Begabung für die Organisation großer Veranstaltungen bewiesen.

Herr Oberbaurat Höchtl hat sich entschlossen, nachdem er aus den Diensten der Städtischen Elektrizitätswerke München ausgeschieden ist, sich an den Arbeiten des VDE und der Vereinigung der Elektrizitätswerke auch weiterhin zu beteiligen. Auch die Interessen des Elektrotechnischen Vereins München wird er in Zukunft als dessen Schriftführer wahrnehmen. Dieser Entschluß ist sehr erfreulich, da nunmehr die wertvolle Mitarbeit dieses anerkannten Installationsfachmannes und eines in allen Kreisen wegen seines aufrechten und treudeutschen Charakters beliebten Fachkollegen für die deutsche Elektrotechnik gesichert ist und uns hoffentlich noch viele Jahre erhalten bleibt.

BRIEFE AN DIE SCHRIFTLEITUNG.

(Der Abdruck eingehender Briefe erfolgt nach dem Ermessen der Schriftleitung und ohne deren Verbindlichkeit.)

Die Überwachung des Isolationszustandes nicht geerdeter Gleichstromnetze.

Auf S. 502 der ETZ beschreibt Dr.-Ing. W. BÜTOW ein wattmetrisches Instrument zur Messung des Isolationszustandes eines Gleichstromnetzes mit Wechselstrom. Ein derartiges Instrument wurde bereits 1928 von der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft entwickelt und erstmalig im Januar 1929 im Kraftwerk Schulau der Elektrizitätswerk Unterelbe AG. eingebaut. Das Instrument ist ein ferrodynamisches Wattmeter und zeigt den Isolationswiderstand des Netzes in Kiloohm an. Die Schaltung entspricht der Abb. 1, S. 502, mit dem Unterschied, daß die Winkelabgleichung im Feldkreis des Wattmeters unterbleibt.

Abb. 1. Skala des ferrodynamischen Ohmmeters.

Die Verwendung eines Kondensators im Feldkreis des von Dr. BÜTOW benutzten Wattmeters ist auch nur deshalb notwendig, weil die Feldspule dieses Instrumentes ein ganz außergewöhnlich hohes Verhältnis von Blind- zu Wirkwiderstand besitzt. Bei geringer Induktivität dieser Feldspule kann bereits durch Vorschaltung eines genügend

großen induktionsfreien Widerstandes der richtige Phasenwinkel des Stromvektors I_{st} erreicht werden. Eine genaue Abgleichung dieses Winkels hat keinen Wert, da seine Größe von der Kapazität des Betätigungsnetzes abhängig ist. Die Kapazität ist aber keine konstante Größe, sondern ändert sich mit der Zahl der angeschlossenen Apparate. Eine nachträgliche Anpassung an eine geänderte Netzkapazität ist aber ziemlich umständlich, weil dann auch jedesmal die Ohmskala des Instrumentes geändert werden müßte.

Die AEG hat daher auf eine derartige Abgleichung verzichtet und statt dessen durch geeignete Bemessung von Vorwiderstand und Induktivität im Feldkreis und von Vorwiderstand und Kapazität im Rähmchenkreis den Einfluß der Netzkapazität auf ein Minimum herabgedrückt. Hiermit wurde gleichzeitig eine Skala erzielt, die, wie die Abb. 1 auf S. 1130 erkennen läßt, namentlich in dem kritischen Bereich 600 ... 500 Ω höchste Empfindlichkeit zeigt. Messungen des Unterzeichneten im Kraftwerk Schulau haben ergeben, daß bei den üblichen Anforderungen an Genauigkeit der Isolationsmessungen der Einfluß der Netzkapazität auf die Anzeige des Instrumentes unwesentlich ist.

Berlin, den 30. IV. 1931. Karl H. May.

Erwiderung.

Prüfungen von Gleichstromnetzen mit Hilfe von Wechselstrom sind schon seit längerer Zeit ausgeführt worden. Es war mir unbekannt, daß man, was ja an und für sich naheliegend ist, hierzu auch Wattmeter verwendet hat. Ich habe bei der Konstruktion des Instrumentes den größten Wert darauf gelegt, mit einer möglichst kleinen Wechselspannung (40 V maximal) auszukommen. Trotzdem wurde mit einem Strome von höchstens 135 mA eine sehr hohe Empfindlichkeit (bis zu 2 MΩ) erreicht. Über die Höhe der überlagerten Spannung und des Stromes macht MAY keine Angaben.

Eine weitere Diskussion dieser Angelegenheit dürfte sich erübrigen.

Frankfurt a. M., 4. VII. 1931. W. Bütow.

LITERATUR.

Besprechungen.

Jetziger Stand der grundlegenden Kenntnisse der Thermoelektrizität. Von C. Benedicks. Sonderabdr. aus Bd. 8 der „Ergebnisse der exakten Naturwissenschaften". Herausg. v. d. Schriftltg. d. Naturwissenschaften. Mit 29 Abb. u. 40 S. in gr. 8⁰. Verlag Julius Springer, Berlin 1929. (Nicht im Handel.)

In Band 8 der Ergebnisse der exakten Naturwissenschaften behandelt C. Benedicks unter dem obigen Titel im wesentlichen den thermoelektrischen und elektrothermischen Homogeneffekt. Es handelt sich bekanntlich um die Frage, ob in einem homogenen Kreise permanente Ströme durch Variation der Gestalt und der Temperaturverteilung zu erreichen sind und umgekehrt, ob ein Strom in einem homogenen Leiter eine Temperaturdifferenz hervorruft. Der Aufsatz bringt hauptsächlich die experimentellen Arbeiten in historischer Darstellung, u. zw. sowohl die negativen als auch die positiven; natürlich nehmen die Arbeiten des Verfassers, nach dem der Effekt seinen Namen erhalten hat, einen größeren Raum ein. In dieser Zusammenstellung der zerstreuten Literatur liegt der Hauptwert der Arbeit. Kurz wird auch auf die Elektronentheorie des Effekts eingegangen. W. Bauer.

Energiebibliographie des Deutschen Nationalen Komitees der Weltkraftkonferenz. Vierteljahresheft. Zu bez. durch VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Ingenieurhaus. Bezugspreis jährlich 3 RM.

Mitte Mai d. J. erschien das erste Heft der Energiebibliographie, die das Deutsche Nationale Komitee der Weltkraftkonferenz in Ausführung eines Beschlusses des Internationalen Hauptausschusses der Weltkraftkonferenz herausgibt. Die Energiebibliographie ist eine Vierteljahrschrift und berichtet laufend über neue deutsche Veröffentlichungen aus den von der Weltkraftkonferenz behandelten Fachgebieten, insbesondere über Brennstoffe, Dampfkraft, Verbrennungskraft, Elektrizität, Kraftverbrauch, Kraftwirtschaft, Recht, Statistik, Normung. Wenn dieser Wissenstoff teilweise auch schon in anderen Bücher- und Zeitschriftenschauen behandelt wird, so ist es hier die Zusammenfassung sowie die Anordnung nach dem Gesichtspunkt der Energie-Erzeugung, -Verteilung und- Verwendung sowie der Energiequellen, die für den Fachmann von Interesse sind und ihm die Benutzung und Aufschließung der Literatur wesentlich erleichtern. In der Energiebibliographie wird nicht nur auf Zeitschriften- und Buchveröffentlichungen hingewiesen sondern auch auf wissenschaftliche Arbeiten interneren Charakters, die nicht in üblicher Weise veröffentlicht werden, für die Fachwelt aber von großem Interesse sind. Die Mitarbeit der Mitglieder des Deutschen Nationalen Komitees der Weltkraftkonferenz sowie einer Reihe von namhaften Fachleuten ermöglicht eine besondere Auslese der Beiträge, da nur solche Veröffentlichungen aufgenommen werden, die wirklich von internationaler Bedeutung und von bleibendem Wert sind.

Die Energiebibliographie wird mit Rücksicht auf ihre unmittelbare Verwendbarkeit für Literaturkarteien nur einseitig gedruckt; die einzelnen Zitate sind mit einem Referat, einem Schlagwort und der DK-Nummer versehen.

An entsprechenden Bibliographien des Auslandes sind bisher „Power and Fuel Bulletin", London, und „Bulletin of Publications dealing with Power and Fuel", Tokio, erschienen. Die Energiebibliographie des Deutschen Nationalen Komitees ist von der VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Ingenieurhaus, zum Preise von 3 RM jährlich zu beziehen. Die VDI-Buchhandlung hat auch den Vertrieb der englischen und japanischen Bibliographie übernommen. Thieme.

Leitfaden zur Vorführung von Lauf- und Tonbildern für Vorführer und Theaterbesitzer. Von Dr. P. Schrott. 7., neubearb. u. verm. Aufl. des „Leitfaden für Kinooperateure u. Kinobesitzer". Mit 171 Abb. i. Text, VI, 242 u. VIII S. in 8⁰. Verlag Julius Springer, Wien u. Berlin 1930. Preis 8 RM.

Die 7. Auflage des Schrottschen „Leitfaden für Kinooperateure und Kinobesitzer" unterscheidet sich nicht nur durch die Änderung des Titels vorteilhaft von den früheren Auflagen; auch der Inhalt des Buches zeigt eine Reihe wesentlicher Verbesserungen und Ergänzungen. Vor allem ist ein ganz neues Kapitel „Ton- und Sprechfilm" aufgenommen worden, das einen recht guten Überblick über diese Erweiterung der Kinotechnik bietet. Auch der Abschnitt „Elektrotechnik" ist infolge der durch den Tonfilm erhöhten technischen Anforderungen weiter ausgebaut worden. Wohltuend fällt bei der Neuauflage der Ersatz vieler Bilder durch neuzeitlichere Abbildungen auf. Entsprechend dem Zweck des Buches, der Einführung des zukünftigen Vorführers in die praktische Kinotechnik, ist die Darstellung der technischen Grundlagen ziemlich weitläufig. Wir glauben, daß das Buch in seiner neuen Gestalt als Leitfaden für den kinotechnischen Anfänger und als Nachschlagebuch für den ausgebildeten Vorführer sehr gute Dienste leistet. Reeb.

Meyers Lexikon. 7. Aufl. i. vollst. neuer Bearb. Mit etwa 6700 Textabb. u. über 1400 Taf., Karten u. Textbeil. Bd. 11: Seefeld-Traun. Mit zahlr. Abb., Taf. u. 862 S. in gr. 8⁰. Verlag Bibliographisches Institut, Leipzig 1929. Preis geb. Bd. 30 RM.

Aus dem Inhalt des 11. Bandes von Meyers Lexikon mögen folgende den Techniker intressierende Gebiete hervorgehoben werden: Selbstanschlußbetrieb, Spannungsregler, Spektralanalyse, Straßenbahnen, Transformator, Transportvorrichtungen, Technische Hochschulen, Telegraphie, Teslastrahlen. Bei der Behandlung der Sicherheitslampen tritt insofern eine Lücke auf, als die elektrischen Sicherheitslampen vergessen wurden. Ebenso ist beim Abschnitt „Spinnerei" nichts vom elektrischen Antrieb erwähnt. Auch vermißt man die Erläuterung des Begriffes „toter Gang". Spitzenstrom gibt es nicht nur bei der elektrischen Entladung, und neben Pumpen-Steigleitungen bestehen auch elektrische Steigleitungen. Daß die Kurve der Stromwelle die Veränderung der Spannung während einer Periode darstellt, ist falsch. Unter den Männern der Technik und Naturwissenschaften wie Siemens, Slaby, Steinheil, Stephan, Stephenson, Stinnes, Strecker, Taylor, Tesla, Thompson, Thomson, Thyssen vermißt man Steinmetz. Zahlreiche Firmen und Verbände sind aufgeführt, z. B. Siemens & Halske, Siemens-Schuckertwerke, Stahlwerksverband, Sulzer, Telefunken, Julius Springer; sonderbarerweise fehlt unter dem Stichwort „Springer" die Schachfigur, welche das Firmenzeichen der letztgenannten Firma darstellt.

Abgesehen von derartigen hier und da auftretenden Lücken und kleinen Mängeln, die bei einer Neuauflage gut zu beseitigen sind, bewegt sich auch dieser Band sowohl hinsichtlich des Textes als auch der Abbildungen, Karten und Tafeln auf derselben vorbildlichen Höhe wie die vorhergehenden. Technikern und Laien wird er in vielen Fällen als Nachschlagewerk und Quelle der Belehrung gute Dienste leisten. W. Kraska.

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Chinas elektrotechnische Einfuhr[1]. — Wie die folgende, nach Angaben der El. Review[2] zusammengestellte Zahlentafel zeigt, ist die Elektroeinfuhr Chinas trotz der innerpolitischen Wirren 1929 wertlich, soweit elektrisches Material und Schwachstromvorrichtungen in Betracht kommen, gegen das Vorjahr teilweise nicht unerheblich gestiegen. Als Bezugsländer waren an diesem Import hauptsächlich Japan, die V. S. Amerika und bei elektrischem Material auch Deutschland beteiligt; sie haben mit Ausnahme von Großbritannien, dessen Lieferungen an elektrischem Material gegen 1928 etwas zurückgegangen sind, ihre Zufuhren erhöhen können. Die Versorgung Chinas mit wissenschaftlichen Apparaten ist von 1,783 auf 2,402 Mill Taels und die mit Maschinen für Kraftwerke von 1,316 auf 2,532 Mill Taels gewachsen. Deutschland hatte hieran erheblichen Anteil.

Erzeugnisse und Hauptbezugsländer	1929	1928	Änderung g. V.
	1000 Haikuan Taels[3]		
Elektrisches Material nebst Zubehör	13279	11307	+1972
Japan	4804	4177	+ 627
V. S. Amerika	2441	1895	+ 546
Großbritannien	1852	2043	— 191
Deutschland	1842	1321	+ 521
Telegraphen- und Fernsprechmaterial einschl. Funkapparaten	3928	1848	+2080
V. S. Amerika	1190	230	+ 960
Japan	472	291	+ 181
Belgien	445	279	+ 166
Großbritannien	385	189	+ 196
Deutschland	378	234	+ 144

Elektrotechnischer Außenhandel der V. S. Amerika[4]. — Die Abnahme der Kaufkraft im Ausland hat auch im Mai 1931 das Ergebnis der Ausfuhr elektrischer Maschinen, Apparate und Zubehörteile weiter ungünstig beeinflußt. Nach den vorläufigen Angaben betrug diese wertlich 8 861 138 $, d. s. 3 309 114 $ oder 27 % weniger als im gleichen Monat des Vorjahres (12 170 252 $). Eine wesentliche Abschwächung des Exports weisen Batterien, Transformatoren, größere Schalter und Sicherungen, stationäre Motoren, Kühlanlagen und Waschmaschinen für den Haushalt, Ventilatoren, Fernsprecheinrichtungen, nicht näher bezeichnete elektrische Apparate sowie Ofenelektroden auf, während u. a. die Ausfuhr größerer Wechselstromgeneratoren und Radioempfänger merklich im Wert gestiegen ist. In den ersten fünf Monaten von 1931 haben die V. S. Amerika für 42 216 068 $ elektrotechnische Erzeugnisse in das Ausland gesandt, ein gegen die Parallelzeit von 1930 (60 798 965 $) um 18 582 897 $ oder 30,6 % geringerer Betrag.

Aus der Geschäftswelt. — Abgesehen von den Auswirkungen der Weltkrise hat 1930 besonders der verschlechterte Umsatz mit den Elektrizitätswerken den Rückgang der Aufträge bei der Voigt & Haeffner AG., Frankfurt a. M., verschuldet. Die wenigen Bestellungen, die von den Elektrizitätswerken vergeben wurden, waren ungemein stark umstritten, so daß auf diesem Gebiet auch über unzureichende Preise zu klagen ist. Das gleiche gilt für den Absatz in Installationsapparaten, für die die Aufnahmefähigkeit des Marktes stark zurückging, und daher auch hier die Preise sehr herabgedrückt wurden. Die Ausfuhr vermochte sich nach einzelnen Ländern in erfreulicherweise zu heben, doch bestehen die durch hohe Einfuhrzölle und Bevorzugung der heimischen Fabrikate verursachten bekannten Schwierigkeiten fort. Der Vorstand weist weiter in seinem Bericht darauf hin, daß in dieser Zeit wirtschaftlichen Tiefstandes sich ein technischer Entwicklungsprozeß größten Ausmaßes vollzogen habe, der auf verschiedene Ursachen zurückzuführen sei. „So bedingt der vermehrte Zusammenschluß von Elektrizitätswerken und Überlandzentralen erhöhte Ansprüche, die an die Kurzschlußfestigkeit der Apparate zu stellen sind; die Verwendung immer höherer Spannungen sowie das Bestreben, immer weitergehende Rationalisierungs- und Normungsmaßnahmen auf dem gesamten Arbeitsgebiet der Elektrotechnik vorzunehmen, führten zu einer Fülle neuer Vorschriften seitens des VDE, die zu tiefgreifenden Änderungen der bisherigen Konstruktionen zwangen. Große Aufwendungen auf konstruktivem Gebiete wie auch kostspielige Versuche, Anfertigung von Modellen und Werkzeugen u. dergl. waren die natürliche Folge. Dieser immer noch nicht beendete Gärungsprozeß auf technischem Gebiet wirkte sich wirtschaftlich höchst ungünstig aus und hat, verbunden mit dem verringerten Umsatz, unser diesjähriges Geschäftsergebnis in ungünstiger Weise beeinflußt.“ Die „Prometheus“, elektrische Geräte und Heizeinrichtungen G. m. b. H. erzielte gegenüber dem Vorjahr einen erfreulichen Mehrumsatz, doch besteht auch auf diesem Gebiet ein den Bedarf weit übersteigendes und daher die Preisgestaltung sehr schädigendes Angebot. Ihre Beteiligung an einer Isolierstofffabrik hat die Berichterstatterin ohne Verlust aufgegeben. Im laufenden Jahr war bisher keine Besserung des Geschäftsganges festzustellen; Umsatz und Preisgestaltung sind weiterhin unbefriedigend. Rohgewinn: 3 090 813 RM (4 613 036 i. V.), Verlust: 258 048 RM (i. V. Reingewinn mit Vortrag: 617 758 RM); er wird aus der gesetzlichen Rücklage gedeckt (i. V. 6 % Dividende auf 7,5 Mill RM Stammaktienkapital). — Im Geschäftsjahr 1930 ist der Umsatz der Aronwerke Elektrizitäts AG., Berlin-Charlottenburg, wertmäßig um etwa 5 % gegenüber dem Vorjahr zurückgegangen, mengenmäßig aber gestiegen. Bei der Radio-Abteilung konnte er der Menge nach so erhöht werden, daß er auch wertmäßig etwas anzog, während der der Zähler-, Schaltuhren- und Meßinstrumenten-Abteilungen besonders infolge der stark weichenden Kaufkraft der Gemeinden erheblich gesunken ist. Der bisherige Verlauf des neuen Geschäftsjahres zeigt auf sämtlichen Gebieten der Produktion mangelnde Kaufkraft bei weiter sinkenden Preisen. Das Ergebnis des neuen Jahres hängt von der ferneren wirtschaftlichen Entwicklung und dem Erfolg der Bemühungen um Herabsetzung der Gestehungskosten durch weitere Rationalisierung und sonstigen Abbau der Aufwendungen ab. Diesen Bemühungen stehen allerdings die steigende Tendenz der steuerlichen und sozialen Lasten und der Rückgang der mengenmäßigen Umsätze auf der ganzen Linie entgegen. Fabrikationsgewinn: 4 453 909 RM (5 812 532 i. V.), Ertrag der Grundstücke: 66 651 RM (82 686 i. V.), Reingewinn mit Vortrag: 807 046 RM (919 612 i. V.), Dividende: wieder 10 % auf die ausgegebenen 3,589 Mill RM A-Aktien. Das Gesamtaktienkapital beträgt unverändert 8 Mill RM. — Wie die Berl. Börs.-Zg. berichtet, hat die Felten & Guilleaume Carlswerk AG., Köln-Mülheim, mit der American Cable Co. in New York, der British Wire Ropes Ltd. in London und der Australian Wire Ropes Co. sowie mit einigen kanadischen Werken ein Abkommen über den Austausch von Patenten und Lizenzen getroffen. Finanzielle Bindungen zwischen den einzelnen Werken sind damit nicht verknüpft. — Die Felten & Guilleaume Carlswerk AG., Köln-Mülheim, bisher Besitzerin des gesamten Aktienkapitals von 2,4 Mill RM der Norddeutschen Seekabelwerke AG., Nordenham, hat die Hälfte davon an die Siemens & Halske AG. abgetreten.

In das Handelsregister wurden eingetragen: Osram-Philips Neon AG., Berlin (1 Mill RM): Durchführung der bisher von der Osram G. m. b. H. Kommanditgesellschaft, Berlin und der N. V. Philips' Gloeilampenfabrieken, Eindhoven, betriebenen Forschungstätigkeit auf dem Gebiet der Entladung von Gasen, besonders von Neon, und die Herstellung sowie der Vertrieb von Leuchtröhren mit Gasentladung auf dem Gebiet der Leuchtreklame usw.; Überlandzentrale des Kreises Braunsberg G. m. b. H., Braunsberg (20 000 RM): Versorgung des Kreises mit elektrischem Strom usw.; Niederschlesische Elektrizitäts-AG., Hirschberg i. Riesengeb. (14 Mill RM): Bezug oder Erzeugung, Absatz und Ausnutzung elektrischer Arbeit in jeder Art, Erwerbung, Errichtung und Betrieb von Anlagen usw. Gründer der Gesellschaft sind der Provinzialverband von Niederschlesien, die Elektrowerke AG., die Vereinigten Industrie-Unternehmungen AG., die Reichskredit-Gesellschaft AG. und die Mitteldeutschen Montanwerke G. m. b. H., Delitzsch; Anso Apparatebau G. m. b. H., Berlin (20 000 RM): Herstellung und Vertrieb elektrischer Apparate, besonders für das Friseurgewerbe; Süddeutsche Elektromotorenwerke, G. m. b. H., Bruchsal (20 000 RM): Herstellung und Vertrieb von Elektromotoren jeder Gattung, elektrischen Apparaten usw.; A. & R. Kammerer, Telefon- und Apparatebau-Gesellschaft m. b. H., München-Pullach (21 000 RM): Herstellung und Vertrieb aller elektrischen und elektrotechnischen Apparate usw.; Herag Vertriebs-Gesellschaft m. b. H., Berlin (20 000 RM): Vertrieb und Installation von Herag-Waschmaschinen und sonstigen elektrisch betriebenen Waschmaschinen, von Elektrowärmegeräten und elektrotechnischen Haushaltungsartikeln.

[1] Vgl. ETZ 1928, S. 40.
[2] Bd. 108, S. 400 (1931).
[3] 1 Haikuan Tael = etwa 2 s 10 d.
[4] El. World Bd. 98, S. 129 (1931). Vgl. ETZ 1931, S. 1016.

Abschluß des Heftes: 22. August 1931.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 16750 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

ETZ

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

INHALT

36. HEFT · 52. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9
(1133—1156) 3. SEPTEMBER 1931

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

52. Jahrgang | **Berlin, 3. September 1931** | **Heft 36**

Die Empfindlichkeit einer Wechselstrombrücke.

Von **H. Schering**, Hannover.

Übersicht. **Die Empfindlichkeit einer Wechselstrombrücke läßt sich in elementarer Weise aus folgendem Schema entnehmen: Eine aus dem angenommenen Grad der Verstimmung des Brückengleichgewichts, z. B. um $^1/_{1000}$, sich ergebende scheinbare EMK wirkt auf das Nullinstrument in Reihe mit der zwischen den Nullinstrument-Ecken der Brücke liegenden Verzweigung der Scheinwiderstände. Das Schema wird besonders durchsichtig bei Brücken mit starken Unterschieden der Scheinwiderstandsbeträge der beiden Brückenhälften am Nullinstrument, z. B. der Brücke zur Messung dielektrischer Verluste bei Hochspannung.**

Häufig ist es wünschenswert, im voraus zu berechnen, ob mit einem gegebenen Nullinstrument die Messung eines Objektes in einer Brückenanordnung mit hinreichender Genauigkeit ausgeführt werden kann, oder zu überschlagen, welchen Einfluß eine Änderung der Brückenanordnung auf die Empfindlichkeit hat. Die strengen Formeln für die Berechnung der Empfindlichkeit sind bereits von Maxwell[1] gegeben und in letzter Zeit mehrfach auf die die Starkstromtechnik interessierende Brücke zur Messung des dielektrischen Verlustwinkels bei Hochspannung angewandt[2].

Geht man nicht wie bisher vom Gesamtstrom durch die Brücke, sondern von der Spannung[3] an ihr aus, so ergibt sich ein einfaches sinnfälliges Schema zur Ermittlung der Empfindlichkeit. Die Brücke (Abb. 1) enthalte in den vier Zweigen die an sich beliebigen Scheinwiderstände Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, die Spannung U liege an den Ecken *1 2* und *3 4*, den „Spannungsecken", das Nullinstrument an den Ecken *1 3* und *2 4*, den „Nullecken". Die Brücke sei ganz genau abgeglichen, für die Spannungen an den 4 Zweigen gelten die Gleichungen:

$$\mathfrak{U}_1 = \mathfrak{U}_2, \qquad \mathfrak{U}_3 = \mathfrak{U}_4 .$$

Wir ändern jetzt den Scheinwiderstand eines Brückenzweiges ganz wenig in der Größe oder im Phasenwinkel, z. B. $\mathfrak{Z}_4$ um $\mathfrak{D}_4$; alle Größen, die sich dadurch geändert haben, bezeichnen wir mit ′, z. B. Z_4'; die Gesamtspannung U an der Brücke bleibe unverändert, das Nullinstrument sei zunächst abgeschaltet. Die Spannungen an den Zweigen *1* und *3*, d. h. U_1 und U_3, ändern sich nicht. In komplexer Schreibweise berechnen sich die Spannungen an den 4 Brückenzweigen vor und nach der Änderung von Z_4 aus der Gesamtspannung U:

$$\mathfrak{U}_1 = \mathfrak{U}_2 = \mathfrak{U}\,\frac{\mathfrak{Z}_2}{\mathfrak{Z}_2 + \mathfrak{Z}_4}\,; \qquad \mathfrak{U}_3 = \mathfrak{U}_4 = \mathfrak{U}\,\frac{\mathfrak{Z}_4}{\mathfrak{Z}_2 + \mathfrak{Z}_4}$$

$$\mathfrak{U}_2' = \mathfrak{U}\,\frac{\mathfrak{Z}_2}{\mathfrak{Z}_2 + \mathfrak{Z}_4 + \mathfrak{D}_4}\,; \qquad \mathfrak{U}_4' = \mathfrak{U}\,\frac{\mathfrak{Z}_4 + \mathfrak{D}_4}{\mathfrak{Z}_2 + \mathfrak{Z}_4 + \mathfrak{D}_4}$$

Nach der Änderung tritt zwischen den beiden Nullecken der Brücke eine kleine Spannung e auf, die sich als Differenz der Spannungen an den Zweigen *3* und *4* oder *1* und *2* ergibt. Rechnen wir sie aus, indem wir die Brüche auf einen gemeinsamen Nenner bringen, so erhalten wir:

$$\mathfrak{e} = (\mathfrak{U}_4' - \mathfrak{U}_3) = \mathfrak{U}\,\frac{\mathfrak{Z}_2\,\mathfrak{D}_4}{[\mathfrak{Z}_2 + \mathfrak{Z}_4]\,[\mathfrak{Z}_2 + \mathfrak{Z}_4 + \mathfrak{D}_4]} = -(\mathfrak{U}_2' - \mathfrak{U}_1)$$

und mit unmerklicher Vernachlässigung des kleinen $\mathfrak{D}_4$ im Nenner den Betrag der „Verstimmungs"-Spannung:

$$e = U\,\frac{D_4}{Z_4}\,\frac{Z_2}{Z_{2+4}}\,\frac{Z_4}{Z_{2+4}}\,. \qquad (1)$$

Schließen wir nun das Nullinstrument wieder an, so treibt die Verstimmungspannung e einen kleinen Strom I_0 durch dasselbe, u. zw. in der Art, wie wenn eine Spannungsquelle mit der Verstimmungs-EMK e und dem inneren Scheinwiderstand Z_b, der gleich der Verzweigung der Scheinwiderstände der 4 Brückenzweige zwischen den Nullecken ist, mit dem äußeren Scheinwiderstand Z_g, dem des Nullinstruments, belastet wäre. Abb. 2 stellt das schematisch dar[4]. Die Lösung ist also prinzipiell sehr einfach und anschaulich.

Abb. 1. Schema der Vierzweigbrücke für Wechselstrom.

Abb. 2. Schema der Wirkung der Verstimmungs-EMK e mit dem inneren Scheinwiderstand Z_b der Brücke auf das Nullinstrument Z_g.

Aber die praktische Ausrechnung sieht auf den ersten Blick recht kompliziert aus. Berücksichtigen wir jedoch die Brückengleichung

$$\mathfrak{Z}_1 : \mathfrak{Z}_2 = \mathfrak{Z}_3 : \mathfrak{Z}_4 ,$$

so wird allgemein bei einer kleinen Änderung D_x in irgendeinem der 4 Brückenzweige x der Strom im Nullinstrument

$$\mathfrak{I}_0 = \frac{\mathfrak{D}_x}{\mathfrak{Z}_x}\,\frac{\mathfrak{U}}{(\mathfrak{Z}_1 + \mathfrak{Z}_2 + \mathfrak{Z}_3 + \mathfrak{Z}_4)}\cdot\frac{1}{1 + \mathfrak{Z}_g/\mathfrak{Z}_b}\,. \qquad (2)$$

Solange nicht kapazitive und induktive Blindwiderstände in der Brücke oder in Brücke und Nullinstrument sich in nennenswertem Maße aufheben, kann man den Strom im Nullinstrument für eine Verstimmung $D_x/Z_x = 0{,}001$ schätzen, indem man ohne Berücksichtigung der

---

[1] J. C. Maxwell, Lehrbuch der Elektrizität und des Magnetismus, deutsch von Weinstein, Bd. 1, S. 497. Verlag Julius Springer, Berlin 1883.

[2] Hallo, de Zoeten, Tijdschr. El. Bd. 7, S. 29 u. 49 (1924/25). Tschiassny, Arch. El. Bd. 18, S. 248 (1927).

[3] In der Brücke für Wechselspannung operiert man im Gegensatz zur Gleichstrombrücke im allgemeinen vorteilhafter mit Spannungen; z. B. darf eine mit 1 W belastbare Rolle R eines Präzisionswiderstandes höchstens eine Spannung von $\sqrt{R}$ Volt bekommen. Vorwiderstand vor der Brücke verwendet man wohl selten, da man die Spannung, also die Belastung der Brücke, bequemer und übersichtlicher mit der Erregung des Maschinengenerators oder der Kopplung des Röhrengenerators oder dem Übersetzungsverhältnis eines Isoliertransformators auf den gewünschten Betrag bringen kann.

[4] Aus Maxwells Formeln ergibt sich durch Umformung genau dasselbe.

Phasenwinkel die Beträge der Scheinwiderstände oder noch einfacher die in jedem überwiegende Wirk- oder Blindkomponente einsetzt und wie bei Gleichstrom rechnet. Für den extrem ungünstigen Fall: Vergleich zweier gleicher Induktivitäten mit $\cos\varphi = 0{,}2$ und $Z_1 = Z_2 = R_3 = R_4 = R_g$, berechnet sich der Strom im Nullinstrument in dieser grob vereinfachten Weise um 35 % zu klein, für die Empfindlichkeitsschätzung ist ein solcher Fehler meist ohne Belang, und in der Regel ist der Fehler übrigens erheblich kleiner. Ausdrücklich sei hervorgehoben, daß man dieselbe Stromstärke im Nullinstrument erhält, wenn man den Betrag eines Brückenzweiges um 0,1 % oder die Tangente seines Phasenwinkels um den Wert 0,001 ändert, nur die Phase des Stromes ist in beiden Fällen verschieden.

Bei Brücken mit starken Unterschieden der Scheinwiderstandsbeträge der beiden Brückenhälften zwischen den Nullecken wird die Überschlagsrechnung besonders einfach. Betrachten wir die Brücke zur Messung des dielektrischen Verlustwinkels bei Hochspannung (Abb. 3); C_1 ist das zu prüfende Objekt mit dielektrischem Verlust, C_2 der Vergleichskondensator ohne Verlust oder mit bekanntem kleinen Verlustfaktor $\operatorname{tg}\delta_2$, R_3 ein veränderlicher Widerstand, $R_4 = 318{,}3\,\Omega$ fest, C_4 ein regelbarer Glimmerkondensator; nach Abgleichung ist

Abb. 3. Brücke zur Messung des Verlustwinkels bei Hochspannung.

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{R_4}{R_3}, \qquad \operatorname{tg}\delta_1 = R_4\,\omega\,C_4 + \operatorname{tg}\delta_2 .$$

Bei Hochspannung ist C_2 stets so klein, daß sein Blindwiderstand überaus groß gegen den Widerstand R_4 ist, anderseits ist $\operatorname{tg}\varphi_4 = R_4\,\omega\,C_4$ bei Verlustmessungen so klein, daß $Z_4 = R_4$ ist. Ändern wir nun C_4 um 0,01 µF, dem bei 50 Hz eine Änderung von $\operatorname{tg}\varphi_4$ um 0,001 entspricht, so wird die Verstimmungs-EMK nach Gl. (1):

$$e = 0{,}001\,U\,\omega\,C_2\,R_4\,; \tag{3}$$

der Blindwiderstand der Reihenschaltung von C_1 und C_2 ist überaus groß gegen $R_3 + R_4$, so daß er in der Parallelschaltung neben letzteren nicht in Betracht kommt. Das Schema vereinfacht sich dahin, daß die Verstimmungs-EMK auf das Vibrationsgalvanometer mit dem Wirkwiderstand R_g über einen Vorwiderstand $R_3 + R_4$ wirkt. Unter Berücksichtigung der obigen Beziehung zwischen R_3 und dem unveränderlichen R_4 erhalten wir den Strom im Nullinstrument

$$I_0 = 0{,}001\,\frac{U\,\omega\,C_2}{1 + \dfrac{R_g}{R_4} + \dfrac{C_2}{C_1}} . \tag{4}$$

Man sieht, der Galvanometerstrom ist bei gegebener Frequenz in erster Linie dem Produkt $U\,C_2$ proportional, d. h.: je niedriger die Spannung, um so größer muß der Vergleichskondensator C_2 sein. Da Hochspannungs-Luftkondensatoren großer Kapazität sehr kostspielig werden, verwendet man für geringe Hochspannungen gemäß meinem Vorschlage Minosflaschen, welche einen Verlustfaktor von etwa 0,001 haben.

Das Verhältnis der beiden zu vergleichenden Kapazitäten macht in der Empfindlichkeit wenig aus, solange $C_1 > C_2$. Ist C_1 sehr viel größer als C_2, so muß man, da R_3 nicht beliebig klein induktionsfrei regelbar gemacht werden kann, die Brücke mit Nebenschluß verwenden, d. h. einen kleinen festen Widerstand N an Stelle von R_3 mit einem nebengeschalteten Spannungsteiler, dessen unterer Teil R_3' sei; in der obigen Formel tritt R_3'/R_4 für C_2/C_1 ein. Nur wenn C_1 ganz erheblich k l e i n e r als C_2 ist, sinkt die Empfindlichkeit merklich. Aus der Formel sieht man ferner, daß man nichts an Empfindlichkeit gewinnt, wenn man C_2 auch kleiner macht, denn der Zähler vermindert sich stärker als der Nenner. Man sieht auch, daß es bei gegebenem R_g nur wenig nutzt, R_4 zu vergrößern, wobei hervorzuheben ist, daß bei erheblicher Vergrößerung merkliche Winkelfehler durch Erdkapazitäten der Nullecken entstehen. Über 1000 Ω sollte man in dieser Brücke nicht verwenden, womit eine Messung von $C_1 < \frac{1}{3}\,C_2$ sich verbietet. Kleinere Kapazitätsobjekte sollte man in den Brückenzweig *2* legen, die Vergleichskapazität in den Zweig *1*, zur Phasenabgleichung muß dann der regelbare Glimmerkondensator als C_3 parallel zu R_3 gelegt werden. Hiernach bestimmt die kleinere der beiden Kapazitäten von Objekt und Vergleichskondensator bei gegebener Spannung die Empfindlichkeit dieser Brücke.

Etwas kann man an Empfindlichkeit durch Anpassung des Galvanometerwiderstandes an die Brückenwiderstände gewinnen. Bei dem Vibrationsgalvanometer mit elektromagnetischer Abstimmung war ursprünglich bei 50 Hz der Wirkwiderstand etwa 100 Ω, neuerdings baut Hartmann & Braun das Instrument auch mit dem vierfachen Betrage, womit die Stromempfindlichkeit bei gegebenem Wickelraum um den Faktor $\sqrt{4}$ steigt. Setzen wir den Ausschlag

$$\alpha = K\sqrt{\frac{R_g}{R_4}}\,I_0; \quad K \approx 18\cdot10^6\ \text{mm/A}\,,$$

so erhalten wir bei einer Verstimmung um 0,001:

$$\alpha = 0{,}001\,K\sqrt{\frac{R_g}{R_4}}\,\frac{U\,\omega\,C_2}{1 + \dfrac{R_g}{R_4} + \dfrac{C_2}{C_1}} . \tag{5}$$

Für den größten zulässigen Wert $C_2/C_1 = 3$ erhält man mit dem Galvanometer vom vierfachen Widerstande einen um 65 % größeren Ausschlag. Für kleinere Kapazitätsverhältnisse ist der Zuwachs im Ausschlag entsprechend geringer. Groß ist der Gewinn nicht.

Reicht die Meßempfindlichkeit infolge der Kleinheit der Kapazität nicht aus, so muß man entweder einen Röhrenverstärker anwenden oder eine andere Brücke wählen. Am vorteilhaftesten ist es, R_3 und R_4 durch zwei Glimmerkondensatoren C_3 und C_4 zu ersetzen und die Phasenverschiebung durch einen mit C_3 in Reihe geschalteten Widerstand r_3 zu regeln. Die Erdkapazitäten der Nullecken machen wenig aus, wenn C_3 und C_4 in der Größenordnung von einigen zehntel Mikrofarad gewählt werden, auch beeinflussen sie nur das Verhältnis der Kapazitäten, nicht den Winkel. Dieser würde aber durch dielektrische Verluste der Erdkapazitäten, z. B. in abgeschützten Leitungen, etwas beeinflußt. Für genaue Messungen wird es sich lohnen, die Abschützungen nicht direkt, sondern über einen regelbaren Kondensator zu erden, der analog dem Prinzip der K. W. Wagner-Brücke mit Hilfszweig so abzugleichen ist, daß die Abschützungen nahezu spannungslos gegen die Nullecken der Brücke werden. Das Galvanometer muß man mit einem Transformator dem Scheinwiderstand der Brücke zwischen den beiden Nullecken, d. i. im wesentlichen der Reihenschaltung von C_3 und C_4, anpassen. Das Übersetzungsverhältnis $\ddot{u}$ des Transformators ist so auszusuchen, daß

$$\frac{1}{\omega\,C_3} + \frac{1}{\omega\,C_4} = \beta\,\ddot{u}^2\,R_g$$

wird, worin β Werte zwischen 2 und ½ haben darf.

Der Strom im Galvanometer ist dann bei derselben Verstimmung wie bisher

$$I_0 = 0{,}001\,\frac{U\,\omega\,C_2}{R_g\,\omega\,C_4}\,\frac{\ddot{u}}{\sqrt{1 + \beta\,\ddot{u}^2}} .$$

Der letzte, das Übersetzungsverhältnis enthaltende Bruch ist in der Größenordnung von 1. Für $R_g = 100\,\Omega$, $C_4 = 0{,}3\,\mu\text{F}$ wird der Nenner $R_g\,\omega\,C_4$ rd. 0,01, der Strom I_0 also ein Mehrfaches von 10mal größer als in der ersten Brücke mit R_3 und R_4 [vgl. Formel (4)]. Damit man diese gewaltige Empfindlichkeitssteigerung auch wirklich erhält, muß die Transformation allerdings einigermaßen gut sein. Auf der Unterspannungsseite des Transformators, an die das Galvanometer anzuschließen ist, muß der Blindwiderstand des Leerlaufs bei sehr schwacher Erregung größer sein als der Galvanometerwiderstand. Am besten eignet sich ein Spannungswandler mit einem Galvanometer, dessen Wirkwiderstand durch Parallelschaltung von je zwei der normal in Reihe geschalteten 4 Wechselstromspulen auf rd. 25 Ω herabgesetzt ist.

Die Brückengleichungen sind:

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{C_3}{C_4}\,, \quad \operatorname{tg}\delta_1 = r_3\,\omega\,C_3 + \operatorname{tg}\delta_2 + \operatorname{tg}\delta_3 - \operatorname{tg}\delta_4\,,$$

worin die Werte $\operatorname{tg}\delta$ die Verlustfaktoren der entsprechenden Kondensatoren sind.

Die Empfindlichkeitsschätzung mit dem Schema hat meinen Mitarbeitern und mir bei den verschiedenartigsten Brücken seit Jahren gute Dienste geleistet.

Der Anlauf von Käfigankermotoren.

Von Dr.-Ing. **Fr. Kade**, Berlin.

Übersicht. In der nachstehenden Arbeit werden zunächst die Vorgänge, die sich während des Anlaufs eines Käfigankermotors im aktiven Teil abspielen, kurz beschrieben und unter vereinfachenden Annahmen zahlenmäßig bestimmt. Sodann werden die z. Z. bekannten Ursachen des Schleichens solcher Motoren aufgezählt und, soweit möglich, berechnet.

Unsere Kenntnis der Vorgänge in einem anlaufenden Käfigankermotor[1] ist im Laufe der letzten Jahre durch eine Reihe wertvoller Arbeiten wesentlich erweitert worden. Man wußte zwar seit langem[2], daß das etwa beobachtete Schleichen des Läufers durch die Oberfelder verursacht wurde, die sich im Motor entwickeln; dank dieser Arbeiten können wir aber heute diese Vorgänge in weitem Maße zahlenmäßig verfolgen, und erst dadurch erhalten wir ein klares Bild von der Bedeutung der einzelnen Ursachen und von der Wirkung, die ein Eingriff auslösen kann.

Im folgenden wird versucht, die Verhältnisse zusammenhängend in einer Form darzustellen, die sich für den praktischen Maschinenberechner eignet. Um größere Übersichtlichkeit zu erzielen, sind mathematische Zwischenrechnungen im Anhang zusammengestellt.

Bei allen diesen Rechnungen wird angenommen, daß der in der Ständerwicklung fließende Strom zeitlich rein sinusförmig verläuft, ferner daß die Permeabilität des aktiven Eisens konstant ist, m. a. W., daß es keine magnetische Sättigung gibt. Diese Annahme gestattet, die von den Ständer- und Läuferströmen erzeugten magnetischen Felder je für sich zu bestimmen und diese zur resultierenden Wirkung zusammenzusetzen.

Es gibt in der erwähnten Literatur zwei verschiedene Erklärungen für den Ursprung der in dem Motor auftretenden Oberfelder. Nach einigen Autoren veranlassen die Schlitze der Ständer- bzw. Läufernuten infolge des vor ihnen vergrößerten magnetischen Widerstandes des Luftraumes diese Felder, während andre das Feld der Ständer- und Läuferamperewindungen in Sinuskurven zerlegen. Beide Wege führen auf Felder gleicher Polzahl und Geschwindigkeit und gleichen Drehsinnes. Tatsächlich sind beide Ursachen im Motor wirksam. Die zuletzt erwähnte Ursache dürfte aber wohl die wichtigere sein. Sie ist im nachfolgenden der quantitativen Berechnung zugrunde gelegt (Berechnung der Größe der auftretenden Felder). Ein Beweis für die größere Bedeutung der zweiten Erklärung liegt darin, daß auch Läufer mit geschlossenen Nuten dieselben Rückwirkungen zeigen wie Läufer mit offenen Nuten. Wenn die Nutenschlitze die Hauptursache der Oberfelder wären, müßten diese Läufer die Rückwirkungen in sehr gedämpfter Form aufweisen, was scheinbar nicht der Fall ist.

A. Die Vorgänge im anlaufenden Motor.

1. Vom Ständerstrome erzeugte Oberfelder.

Motorabmessungen in cm

- D mittlerer Durchmesser der Bohrung und des Läufers
- l_a aktive Breite
- δ Luftspalt
- q_1 Nuten auf 1 Pol und Strang (im Ständer)
- N_1, N_2 Nutenzahl im Ständer bzw. Läufer
- $2p$ Polzahl, für die die Ständerwicklung gewickelt ist
- ϱ_1 Leiter in einer Ständernut
- r ohmscher Widerstand eines Läuferstabes
- x induktiver (Streu-) Widerstand (bei f Hertz) eines Läuferstabes
- r_r ohmscher Widerstand eines Läuferringsegments
- x_r induktiver (Streu-) Widerstand (bei f Hertz) eines Läuferringsegments
- α_1 Ort eines Punktes gegen einen festen Ständerpunkt
- α_2 Ort eines Punktes gegen einen festen Läuferpunkt
- α_{20} Ort des Läuferstabes 1 gegen den Ständernullpunkt zur Zeit $t = 0$

Alle Winkel mechanisch gezählt (Umfang $= 2\pi$)

- f Netzfrequenz; $\omega = 2\pi f$
- I_1 Ständerstrom
- $2pv$ Polzahl eines Ständeroberfeldes
- $2w$ Polzahl eines Läuferoberfeldes
- I_{2v} Läuferabstrom, vom Feld $2pv$ veranlaßt
- I_{2vr} Läuferringstrom, vom Feld $2pv$ veranlaßt
- n_1 Drehzahl des Grundfeldes gegen den Ständer
- n_2 Drehzahl des Läufers gegen den Ständer
- s_1 Schlupf des Läufers gegen das Grundfeld
- s_v Schlupf des Läufers gegen das Feld $2pv$
- $\mathfrak{B}_v$ Dichte des Feldes $2pv$
- a, g, h Zahlen
- $k, k_1, k_2, k' = \pm 1$
- U_{1v} Spannung, vom Feld $2pv$ in einer Läuferwindung induziert
- U_{2v} Spannung, vom Strom I_{2v} in derselben Windung induziert.

Der in einer für $2p$ Pole gewickelten mehrphasigen Ständerwicklung fließende sinusförmige Strom I_1 erzeugt infolge der räumlichen Anordnung der Ständerwicklung nicht nur ein sinusförmiges magnetisches Drehfeld von $2p$ Polen, sondern außerdem noch eine Anzahl sinusförmiger Oberfelder, deren Polzahl meist — aber nicht immer — ein ganzes Vielfaches von $2p$ ist, und deren Geschwindigkeit so groß ist, daß sie in der Ständerwicklung Spannungen von der Frequenz des erregenden Stromes induzieren. Für jede Wicklungsanordnung können die Polzahl, der Drehsinn, die Größe und Zeitphase der einzelnen Drehfelder bestimmt werden (Anhang 1). Im allgemeinen ist die Kraftliniendichte des Feldes mit $2pv$ Polen zur Zeit t am Orte α_1:

$$\mathfrak{B}_{1v} = A_{1v} I_1 \cos[\omega t \pm p v \alpha_1 + \varphi_v]. \qquad (1)$$

Ist die Wicklung eine symmetrische Dreiphasenwicklung, so ist:

$$\mathfrak{B}_{1v} = A_{1v} I_1 \cos[\omega t - k p v \alpha_1], \qquad (2)$$

wo

$$A_{1v} = 1{,}2\sqrt{2}\,\frac{\varrho_1}{\delta}\,\frac{k \sin 30\,v}{v \sin 30\,\frac{v}{q_1}};$$

$$v = 6a + k; \quad k = \pm 1; \quad a = 0, 1, 2 \ldots.$$

ist. In diesem Falle sind also zwei Arten von Oberfeldern zu unterscheiden:

a) die im Sinne des Grundfeldes umlaufenden: $v = 1, 7, 13, \ldots, 6a + 1$;

b) die gegen das Grundfeld umlaufenden: $v = 5, 11, 17, \ldots, 6a - 1$.

Die minutliche Drehzahl des v-ten Oberfeldes ist:

$$n_v = \frac{60 f k}{p v} = \frac{+n_1}{v} \text{ für die Felder der ersten,} \quad = \frac{-n_1}{v} \text{ für die der zweiten Gruppe.} \qquad (3)$$

Diese so bestimmten Felder sind zunächst fiktiv. Sie werden durch gleichpolige Felder, die vom Läuferstrome herstammen, überlagert. Erst die Summe dieser Felder ist in Wirklichkeit in der Maschine vorhanden.

2. Die Wirkung der Ständerfelder auf den Läufer und Rückwirkung des Läufers.

Der gegen das Grundfeld mit einem Schlupfe s_1 umlaufende Läufer hat gegen jedes Ständerfeld einen bestimmten Schlupf s_v. Es ist (Anhang 2):

$$s_v = k - v(1 - s_1). \qquad (4)$$

Abb. 1.

Die Oberfelder erzeugen daher in den Läuferstäben, deren Zahl N_2 sei, Spannungen. Die in der Läuferwindung $ABDCA$ (Abb. 1) induzierte Spannung (Anhang 3)

$$U_{1v} = A_{2v} I_1 \sin\pi\frac{p v}{N_2} \sin\left[\omega t s_v - p v\left(\alpha_{20} + \frac{\pi}{N_2}\right)\right] \qquad (5)$$

ist maßgebend für den vom v-ten Oberfelde veranlaßten Läuferstrom I_{2v}. Auch dieser Strom ruft in dem Motor sinusförmige magnetische Drehfelder von der Polzahl $2w$ hervor. Zwischen w und v besteht die Beziehung:

$$w = N_2 g - p v, \qquad (6)$$

[1] Vgl. ETZ 1924, S. 984, 1064; 1927, S. 42, 76, 721, 754.
[2] Z. B. R. Goldschmidt, ETZ 1901, S. 335.

wo $g = 0, \pm 1, \pm 2 \ldots$ ist (Anhang 5). Das gesamte vom Strome I_{2v} geschaffene magnetische Feld induziert in der Windung *ABDCA* eine Spannung U_{2v}. $U_{1v} + U_{2v}$ werden im ohmschen und induktiven (Streuung-) Spannungsabfall des Läuferstromes verbraucht.

Aus dieser Überlegung folgt: Strom im n. Stabe des Läufers, verursacht durch das v. Ständerfeld (Anhang 4):

$$I_{2vn} = -\frac{A_{2v}}{Z_{2v}} I_1 \sin^2 \pi \frac{p\,v}{N_2} \times \cos\left[\omega\, t\, s_v - v\, p\, \alpha_{20} - \gamma_v - 2\pi \frac{p\,v}{N_2}(n-1)\right] \tag{7}$$

Hierin sind:

$$A_{2v} = \frac{\omega\, s_v}{p\,v} D\, l_a\, A_{1v} \,.\, 10^{-8}; \quad Z_{2v}^2 = R_v^2 + s_v^2 [X_v + A_3]^2;$$

$$A_3 = 2\pi^2 \,.\, 10^{-9} \frac{\omega\, D\, l_a}{\delta\, N_2}; \quad R_v = r_r + 2\, r \sin^2 \pi \frac{p\,v}{N_2};$$

$$X_v = x_r + 2\, x \sin^2 \pi \frac{p\,v}{N_2}; \quad \operatorname{tg} \gamma_v = \frac{s_v [X_v + A_3]}{R_v}.$$

Die Kraftliniendichte des Drehfeldes von $2w$ Polen, das dieser Läuferstrom I_{2v} u. a. bildet, ist zur Zeit t am Orte α_1 (Anhang 5):

$$\mathfrak{B}_w = 0{,}2 \frac{A_{2v} N_2}{\delta\, Z_{2v}} I_1 \sin^2 \pi \frac{p\,v}{N_2} \frac{1}{p\,v - N_2\, g} \times \sin\left[\omega\, t \left(k - \frac{N_2\, g}{p}(1 - s_1)\right) - N_2\, g\, \alpha_{20} - \gamma_v - \alpha_1 (p\,v - N_2\, g)\right] \tag{8}$$

bindung mit dem Felde entwickelt. Das Verhältnis dieses Momentes zu dem des Grundfeldes ist

$$\frac{M_v}{M_1} = \frac{A_{1v}^2 \sin^2 \pi \frac{p\,v}{N_2} R_v\, s_v\, Z_{2_1}^2}{v\, A_{11}^2 \sin^2 \pi \frac{p}{N_2} R_1\, s_1\, Z_{2v}^2}. \tag{10}$$

Im Falle einer normalen Drehstromwicklung ist

$$\frac{M_v}{M_1} = \frac{\left[\sin \frac{30}{q_1} \sin \pi \frac{p\,v}{N_1}\right]^2}{v^3 \left[\sin \frac{30\,v}{q_1} \sin \pi \frac{p}{N_2}\right]^2} \frac{R_v\, s_v\, [R_1^2 + s_1^2 (X_1^2 + A_3)^2]}{R_1\, s_1\, [R_v^2 + s_v^2 (X_v + A_3)^2]}. \tag{10a}$$

Mit einer unwesentlichen Vereinfachung kann das Verhältnis des maximalen Bremsmomentes des mitlaufenden Oberfeldes $2pv$ zum Grundfelde auch so dargestellt werden:

$$\frac{M_{vm}}{M_1} = \frac{-1}{2\,v^3} \left[\frac{\sin \frac{30}{q_1} \sin \pi \frac{p\,v}{N_2}}{\sin \frac{30\,v}{q_1} \sin \pi \frac{p}{N_2}}\right]^2 \times \frac{X_1 + A_3}{X_v + A_3} \left[\frac{R_1}{s_{1m}(X_1 + A_3)} + \frac{s_{1m}(X_1 + A_3)}{R_1}\right], \tag{11}$$

wo $s_{1m} = 1 - \frac{1}{v} - \frac{R_v}{v(X_v + A_3)}$ ist.

Die Ständernutenzahl kommt durch den Faktor q_1, die Läufernutenzahl durch N_2 in diesen Ausdrücken zur Geltung.

Für $q_1 = 2$ wird der Quotient $\left[\frac{\sin \frac{30}{q_1}}{\sin \frac{30\,v}{q_1}}\right]^2$ für $v = 11$ und 13 bzw. allgemein $v = 12a \pm 1$ zu 1,

3 „ „ „ „	„ $v = 17$	„ 19	„	„	$v = 18a \pm 1$ „ 1,
4 „ „ „ „	„ $v = 23$	„ 25	„	„	$v = 24a \pm 1$ „ 1,
q_1 „ „ „ „				„	$v = 6aq_1 \pm 1$ zu 1.

Alle von einem und demselben Ständer-(v-)Felde abstammenden Läufer-(w-)Felder wirken auf den Läufer mit der nämlichen Frequenz $f\, s_v$. Nach Formel (8) ist die Frequenz des w-Feldes auf den Ständer:

$$f\left[k - \frac{N_2\, g}{p}(1 - s_1)\right]. \tag{9}$$

Hierin ist nicht mehr v enthalten, sondern nur noch k und g. Es folgt also: Alle w-Felder, die von Ständerfeldern ein und desselben Drehsinnes stammen — d. h., für die der Faktor k denselben Wert (+ 1 oder — 1) hat — und die derselben g-Reihe angehören, erzeugen im Ständer dieselbe Frequenz. Diese Tatsache ist u. U. für das magnetische Geräusch von Motoren von Bedeutung.

B. Die Ursachen des Schleichens der Käfiganker.

1. Asynchrone Wirkung der Oberfelder.

Die mit dem Grundfelde gleichdrehenden Oberfelder der Polzahl $2\,p\,v$ laufen gegen den Ständer mit n_1/v U/min. Der Läufer läuft daher mit dem Oberfelde synchron, sobald er diese Geschwindigkeit während des Anlaufes erreicht. Das Drehmoment des Oberfeldes beschleunigt ihn, solange er langsamer läuft; es bremst ihn aber von dem Augenblicke an, wo er diese kritische Geschwindigkeit überschreitet. Wenn das Oberfeld stark ist, und wenn die Läufernutenzahl für die Entwicklung des entsprechenden Läuferstromes I_{2v} gut geeignet ist, so kann dies Bremsmoment so groß werden, daß der Läufer hängen bleibt, zumal ja auch sämtliche gegenlaufenden Drehfelder bremsend wirken.

Diese Ursache des Schleichens ist auf ganz bestimmte Drehzahlen beschränkt. Das Oberfeld kleinster Polzahl, also höchster Drehzahl, das eine symmetrische Drehstrom-Ständerwicklung (mit vollem Polschritt) erzeugt, besitzt $14\,p$ Pole und $n_1/7$ U/min. Daher liegt die höchste Drehzahl, bei der durch asynchrone Wirkung ein Schleichen möglich ist, bei etwas über $n_1/7$. Bremswirkungen bei höheren Geschwindigkeiten müssen andere Ursachen haben.

Andronescu[3] hat diese Vorgänge zuerst rechnerisch erfaßt. Mit der Größe des von dem betrachteten Oberfelde erzeugten Läuferstromes kennen wir auch die Kupferverluste und damit das Moment, das dieser Strom in Verbindung mit dem Felde entwickelt.

[3] Arch. El. Bd. 12, S. 453 (1923). ETZ 1924, S. 371.

Für alle anderen Werte von v wird der Quotient kleiner. Hat also der Ständer 2 (bzw. 3 bzw. 4) Nuten auf 1 Pol und Strang, so wird die 11. und 13. (bzw. die 17. und 19. bzw. die 23. und 25.) Harmonische besonders stark entwickelt sein.

Ferner wird das Verhältnis M_v/M_1 um so größer, je größer der Bruch $\frac{\sin^2 \pi \frac{p\,v}{N_2}}{\sin^2 \pi \frac{p}{N_2}}$ wird. Läßt man nun N_2 wachsen, so wird $\sin^2 \pi\, p/N_2$ immer kleiner, während sich immer ein Wert v ($\sim N_2/2\,p \cdot 1, 3, 5, \ldots$) finden wird, für den $\sin^2 \pi\, p\, v/N_2$ nahe an 1 herankommt. Hieraus geht schon hervor, daß eine große Läufernutenzahl N_2 die Ausbildung von Oberfeldern begünstigt, was ja an und für sich natürlich ist. In Abb. 2 ist das Verhältnis $M_{v_{max}}/M_1$ nach Formel (11) für $p = 2$, $q_1 = 2$ und 3, und $v = 7$, 13 und 19 sowie für Werte von N_2 zwischen 16 und 86 angegeben. Hierbei wurde von einer kleineren ausgeführten Maschine ausgegangen und lediglich angenommen, daß der ein Läuferblech durchsetzende Kupferquerschnitt und der Ringquerschnitt bei allen Nutenzahlen gleich bleiben. Diese Kurve zeigt, wie zu erwarten, die höhere Neigung eines Läufers mit größerer Nutenzahl, kritische Drehzahlen zu bilden.

2. Das Auftreten von Rüttelkräften während des Hochlaufens.

Fritze[4] hat erstmals darauf hingewiesen, daß zwei Felder mit den Polpaarzahlen p und $p \pm 1$ mechanische Kräfte hervorrufen, die mit einer vom Schlupf s_1 (Läufer zu Grundfeld) abhängigen Drehzahl gegen den Läufer umlaufen. Sind die 2 Felder durch die Ausdrücke bestimmt (bezogen auf den Nullpunkt des Läufers):

$$\mathfrak{B}_{w_1} = \mathfrak{B}_1 \sin[\omega\, t\, s_{v_1} + \psi_1 + \alpha_2\, w_1]$$

und

$$\mathfrak{B}_{w_2} = \mathfrak{B}_2 \sin[\omega\, t\, s_{v_2} + \psi_2 + \alpha_2\, w_2]$$

und sind die Polpaarzahlen der Felder w_1 und w_2 um den Wert ± 1 voneinander verschieden, so ist diese Rüttelkraft:

$$0{,}064\, D\, l_a \frac{\mathfrak{B}_1}{1000} \frac{\mathfrak{B}_2}{1000} \cos[\omega\, t\, (s_{v_1} \mp s_{v_2}) + \psi_1 \mp \psi_2 \pm \alpha_2] \text{ in kg.} \tag{12}$$

[4] Arch. El. Bd. 10, S. 73 (1921).

Laufen beide Felder im gleichen (bzw. verschiedenen) Drehsinne gegen den Läufer um, so ist die sekundliche Drehzahl der Rüttelkraft gegen ihn gleich

$$f\,[s_{v_1} - s_{v_2}] \quad (\text{bzw. } f\,[s_{v_1} + s_{v_2}]). \tag{13}$$

Wenn die Ständerwicklung symmetrisch ist, so kann dieser Fall nicht eintreten, wenn die Läufernutenzahl N_2 gerade ist[5]. Gibt aber bereits die Ständerwicklung

Abb. 2a. Verhältnis des höchsten Bremsmomentes des 7., 13., 19. Oberfeldes zum Moment des Grundfeldes bei derselben Läuferdrehzahl und verschiedener Läufernutenzahl; 2 Nuten je Pol und Strang im Ständer.

Abb. 2b. Verhältnis des höchsten Bremsmomentes des 7., 13., 19. Oberfeldes zum Moment des Grundfeldes bei derselben Läuferdrehzahl; 3 Nuten je Pol und Strang im Ständer.

gerade und ungerade Polpaarzahlen (z. B. eine Wicklung $p = 3$, $q_1 = 1{,}5$; also $N_1 = 27$), so kann sie auch in Zusammenarbeit mit einem Läufer gerader Nutenzahl schon eine Rüttelkraft erzeugen. Wie bereits erwähnt, ist die Polpaarzahl $2\,w$ eines Läuferfeldes mit dem Ständerfeld $2\,p\,v$, von dem es herrührt, durch die Beziehung verknüpft:

$$w = N_2\,g - p\,v, \text{ wo } g = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots\ldots$$

Die beiden Felder, deren Polpaarzahlen um 1 verschieden sind, stammen stets aus verschiedenen g-Reihen; die Differenz der zwei g-Werte muß immer ungerade sein. Alle Felderpaare, die aus denselben zwei g-Reihen herkommen und die gleichartige Drehsinne gegen den Läufer haben (d. h. die 2 Felder jedes Paares laufen gleichsinnig gegen den Läufer um oder aber, je ein Feld jedes Paares läuft rechts, je eines läuft links herum), haben stets dieselbe, vom Grundfeldschlupfe s_1 abhängige Geschwindigkeit gegen den Läufer. Ist eine der beiden g-Reihen die Nullreihe (ist eines der beiden Felder ein Ständerfeld), so ist diese Geschwindigkeit unabhängig vom Drehsinne der Felder. In Anhang 8 ist die Theorie dieser Beziehungen ausführlich gegeben und eine einfache Methode zur schnellen Berechnung der Drehzahl (Rüttelkraft zu Welle) entwickelt. Wenn der Läufer des Motors aus irgendeinem Grunde langsam hochläuft und die Geschwindigkeit erreicht hat, bei der die Drehzahl (Rüttelkraft zu Welle) gleich der kritischen Drehzahl der Welle ist, so hat die Welle Zeit, eine Schwingung auszubilden; der Motor beginnt dann meist heftig zu zittern, zu heulen und u. U. zu streifen. Da die kritische Drehzahl der Welle je nach ihrer Bemessung von Fall zu Fall eine andere sein kann, darf nicht erwartet werden, daß zwei Motoren mit gleichen Pol- und Nutenzahlen, aber mit ungleicher Bauart die Erscheinung bei derselben Läufergeschwindigkeit zeigen. Wälzlagermotoren sind im allgemeinen empfindlicher als Gleitlagermotoren.

Es ist zweckmäßig, jede Möglichkeit des Auftretens einer Rüttelkraft zu vermeiden, d. h., keine Ständerwicklungen, die gerade und ungerade Polpaarzahlen ergeben, und keine Läufer ungerader Nutenzahl zu benutzen. Mitunter findet sich in der Literatur die Bemerkung, daß Läufer mit ungerader Nutenzahl in 4poligen Ständern sich als brauchbar erwiesen hätten. Derartige Mitteilungen können immer nur höchstens auf den einzelnen untersuchten Läufer, niemals aber allgemein auf die bei dem Versuch vorhandene Nutenzahlkombination bezogen werden.

3. Drehmomentsättel infolge von Synchronismus zweier Oberfelder.

Die zwei bisher angegebenen Ursachen genügen noch nicht zur Erklärung aller im Anlaufe auftretenden Sättel des Drehmomentes. Eine weitere interessante Deutung gibt Möller in einer neueren Arbeit[6], deren grundsätzlicher Gedanke von Punga stammt. Fast gleichzeitig hat E. E. Dreese[7] denselben Gegenstand behandelt.

Ein Läuferfeld der Polzahl $w = p\,v - N_2\,g$ hat, wenn der Läufer mit n_2 U/min umläuft, gegen den Ständer die Drehzahl:

$$n_w = \frac{N_2\,g\,n_2 - k\,p\,n_1}{N_2\,g - p\,v}. \tag{14}$$

Möller hat nun eine große Zahl Läufer mit verschiedenen Nutenzahlen in mehreren Ständern (mit 4 Polen, 24, 36 und 48 Nuten) untersucht und festgestellt, bei welchen Drehzahlen Sättel auftraten. Er fand: sehr starke Sättel traten dann auf, wenn zwei Felder gleicher Polzahl, von denen eines ein Ständerfeld ist, zum Ständer synchron laufen. Diese zwei Felder verhalten sich dann ebenso zueinander wie in einer Synchronmaschine das Feld des Induktors zum Rückfelde des Ständerstromes. Natürlich bedarf es einer gewissen Kraft, um den Läufer aus diesem Synchronismus zu reißen. Ein übersichtliches Bild der Verhältnisse gibt Abb. 3, in der für $p = 2$, $N_2 = 16$ die Drehzahlen n_w als Funktion von n_2 aufgetragen sind. In diesem Diagramm sind nur die Reihen $g = \pm 1$ berücksichtigt. Die Reihe $g = 0$ kommt als Gegenfeld gegen die Ständerfelder nicht in Frage, weil die Drehzahl der Läuferfelder der Reihe $g = 0$ von n_2 unabhängig ist. Die Theorie (Anhang 9) ergibt, daß Synchronismus eintritt, wenn

$$\left.\begin{aligned} \frac{n_2}{n_1} = \frac{p}{N_2\,g}\,[k_2 \pm k_1], \text{ sobald } \pm\,p\,v_1 = N_2\,g - p\,v_2\,; \\ v_1 = 6\,a_1 + k_1\,;\; v_2 = 6\,a_2 + k_2 \end{aligned}\right\} \tag{15}$$

ist. Das Diagramm Abb. 3 zeigt, daß bei $n_2 = 375$ U/min eine ganze Anzahl von Felderpaaren synchron laufen, z. B.:

$$\begin{array}{lllllll} p\,v_1 = & 2\cdot 1 & 2\cdot 7 & 2\cdot 5 & 2\cdot 13 & 2\cdot 11 & 2\cdot 19 \\ w = & 16 - 2\cdot 7 & 16 - 2\cdot 1 & 16 - 2\cdot 13 & -16 - 2\cdot 5 & 16 - 2\cdot 19 & -16 - 2\cdot 11 \end{array}$$

$$\text{allgemein } p\,v_1 = 2(6\,a - 1 \qquad 2(6\,a + 1)$$

$$w = 16 - 2(6\,a - 1 + 8) \qquad -16 - 2(6\,a + 1 - 8).$$

---

[5] Eine sehr gründliche Diskussion der Bedingungen für das Auftreten von Rüttelkräften findet sich in einer sehr inhaltsreichen, in Deutschland augenscheinlich wenig bekannten Abhandlung von Dreyfus: „Die Theorie des Drehstrommotors mit Kurzschlußanker" (Handlingar 34, Ingeniörs Vetenskaps Akademien, Stockholm 1924, A. B. Gunnar Tisells Tekniska Förlag; deutsch geschrieben), auf die ich erst nach Einreichung der obigen Arbeit an die ETZ hingewiesen wurde. Dreyfus macht u. a. darauf aufmerksam, daß alle die ungeraden Läufernutenzahlen keine Rüttelkräfte bilden, bei denen Polpaarzahl p und Nutenzahl N_2 ein Vielfaches einer ungeraden Zahl sind, z. B. $N_2 = 33$; $p = 6$. Dies gilt aber nur für symmetrische Ständerwicklungen, die keine Oberfelder mit gerader Ordnungszahl hervorrufen.

[6] Arch. El. Bd. 24, S. 401 (1930). Auch diese Erklärung findet sich bereits in der erwähnten Arbeit von Dreyfus (1924), der damit wohl als erster auf diese Erscheinung hingewiesen hat.

[7] J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 49, S. 938 (1930).

Für $g = \pm 2$ errechnet sich eine Drehzahl, bei der synchroner Lauf eintritt, zu $-187{,}5$. Hier treffen sich z. B.:

$$p v_1 = \quad 2\cdot 1 \quad 2\cdot 17 \quad 2\cdot 5 \quad 2\cdot 11 \quad 2\cdot 7 \quad 2\cdot 23 \quad 2\cdot 13 \quad 2\cdot 29 \quad 2\cdot(6a+1) \quad 2\cdot(6a-1)$$
$$w = 2\cdot 16 - 2\cdot 17 \quad -2\cdot 16 - 2\cdot 1 \quad 2\cdot 16 - 2\cdot 11 \quad 2\cdot 16 - 2\cdot 5 \quad 2\cdot 16 - 2\cdot 23 \quad -2\cdot 16 - 2\cdot 7 \quad 2\cdot 16 - 2\cdot 29 \quad -2\cdot 16 - 2\cdot 13 \quad 2\cdot 16 - 2(6a+1+16) \quad -2\cdot 16 - 2(6a-1-16)$$

Die Reihe $g = 3$ ergibt in diesem Falle keinen derartigen Synchronpunkt. Vorstehende Tafel erklärt zugleich die Beobachtung Möllers, daß der Sattel bei $n_2 = -187{,}5$ im Ständer mit 36 Nuten stärker war als in dem zu 24. Dieser Sattel ist sicherlich hauptsächlich durch die Felderpaare $p \cdot 1$ und $2 \cdot 1$ aus Oberfeld 17 sowie $p \cdot 17$ und $2 \cdot 17$ aus Grundfeld 1 bewirkt. Das Feld $v = 17$ ist aber in dem Ständer zu 36 Nuten stärker entwickelt als in dem zu 24! Auch andere Beobachtungen Möllers lassen sich in ähnlicher Weise stützen. Eine Kontrolle mit den hier gegebenen Formeln gibt für die von Möller untersuchten Anker folgende Übersicht (ohne den Läufer zu 16 Nuten):

$N_2 =$	10	10	19	20	20	22	26	26	28	28	32	32	44	44
$n_2 =$	-300	$+150$	$+79$	-300	$+150$	$-136{,}4$	$+115{,}4$	-58	$+214{,}3$	-107	$-187{,}5$	$+94$	$-136{,}4$	$+68$
$g =$	± 2	± 4	± 4	± 1	± 2	± 2	± 2	± 4	± 1	± 2	± 1	± 2	± 1	± 2
$v_1 =$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$v_2 =$	11	19	37	11	19	23	25	53	13	29	17	31	23	43.

v_1 und v_2 sind die v-Felder, die bzw. deren Läuferunterfelder die wirksamsten Felderpaare ergeben.

4. Sättel, die dadurch gebildet werden, daß zwei Ständerfelder auf den Läufer mit gleicher Frequenz einwirken.

Bei bestimmten Läuferdrehzahlen erzeugen zwei Ständeroberfelder in den Käfigstäben Spannungen gleicher Frequenz. Solange die Frequenzen verschieden sind, werden Verluste und Momente des einen Feldes durch das Vorhandensein des andern Feldes nicht beeinflußt. Es bedarf einer besonderen Untersuchung, um klarzulegen, ob hierin in dem Augenblick des Anlaufes eine Änderung eintritt, in dem die Frequenzen gleich sind. Diese Betrachtung ist in Anhang 10 angestellt. Sie ergibt: Das Moment wird dann größer als die Summe der zwei Einzelmomente, wenn

$$s_{v_1} = k' s_{v_2} \quad \text{und} \quad p(v_1 - k' v_2) = N_1 h \tag{16}$$

ist, wo $k' = \pm 1$ und $h = \pm 1, \pm 2, \ldots$. Diese Beziehung besagt nichts anderes, als daß die Ströme der beiden Oberfelder sich in allen Stäben unter demselben Winkel zusammensetzen. Es ist ohne weiteres klar, daß infolgedessen das Moment sich ändern wird, da es nun nicht mehr wie bei anderen Läufergeschwindigkeiten proportional $\mathfrak{B}_{v_1} I_{2v_1} + \mathfrak{B}_{v_2} I_{2v_2}$, sondern proportional $(\mathfrak{B}_{v_1} + (\text{geom.})\, \mathfrak{B}_{v_2}) \cdot (I_{2v_1} + (\text{geom.})\, I_{2v_2})$ wird. Also muß auch diese Ursache auf Sattelbildung hinwirken. Sehr bemerkenswert ist, daß die Drehzahlen und Läufernutzahlen, bei denen diese Erscheinung auftritt, genau mit denen des vorherigen Abschnittes übereinstimmen (siehe Zahlentafel und Ableitung in Anhang 10), obwohl es sich um zwei völlig verschiedene physikalische Vorgänge handelt. Dort (Abschn. B 3) liefen ein Ständerfeld und ein Läuferfeld, die gleiche Polzahl besaßen, synchron gegen den Ständer um; hier erzeugen zwei Ständerfelder beliebiger Polzahl im Läufer gleich große Frequenzen, und infolge der Läuferstabzahl tritt eine Momenterhöhung ein. Die von Möller beobachteten Sättel werden jedenfalls von beiden Ursachen hervorgebracht. Bei Annäherung an den kritischen Punkt wird auch hier ein langsames (im Takte $f\,(s_{v_1} - s_{v_2} k')$ verlaufendes) Schweben des Momentes stattfinden, wie Möller es gefunden hat. Auch in diesem Falle wirken endlich stets eine größere Zahl von Felderpaaren in diesem Punkte zusammen.

$11-38$ bedeutet: Läuferfeld mit 38 Polpaaren, veranlaßt von Ständerfeld mit $2 \cdot 11$ Polpaaren; n_w Drehzahl des Läuferfeldes gegen den Ständer

$St\ 22$ bedeutet: Ständerfeld mit 22 Polpaaren

n_2 „ : Drehzahl des Läufers

Abb. 3. Drehzahlen n_w der Oberfelder bei veränderlicher Läuferdrehzahl n_2.

5. Sattelbildung infolge einphasigen Sekundärkreises.

Bei der Zerlegung des von einem Läuferstrom I_{2v} erzeugten magnetischen Feldes in sinusförmige Drehfelder (Anhang 5) finden wir, daß u. U. nicht Dreh- sondern Wechselfelder erzeugt werden, oder (was genau dasselbe besagt) daß u. U. zwei Drehfelder gleicher Größe und Polzahl, aber verschiedenen Drehsinnes gegen den Läufer entstehen. Dies ist stets dann der Fall, wenn der Läufer einen einphasigen Kurzschluß für das betrachtete Ständerfeld darstellt (z. B. $p = 2$, $N_2 = 28$; Feld $2\,p \cdot 7$ hat 28 Pole). Es ist bekannt, daß Motoren mit einphasigen Läufern das Streben haben, bei etwas über halbem Synchronismus hängen zu bleiben; denn wenn s nahezu gleich ½ ist, steht das gegenläufige Drehfeld, das der Läuferstrom erzeugt, fast gegen den Ständer, erzeugt im Ständer-

stromkreis starke Wirkströme und wirkt für $s < ½$ bremsend auf den Läufer. Dieselbe Erscheinung muß im Käfiganker auftreten. In einem 4poligen Motor sind daher noch bei folgenden Drehzahlen Sättel zu erwarten:

$N =$	20			28		44	
einphasig für Feld $v =$	5	25	35	7	35	11	55
Sattel bei	— 150	+ 30	— 21,4	+ 107,2	— 21,4	— 68,2	+ 13,6.

Möller scheint allerdings an diesen Stellen keine Sättel bemerkt zu haben.

6. Weitere mögliche Ursachen für Sättelbildungen.

a) Einfluß der Sättigung.

Die bisher gemachte Annahme konstanter Permeabilität trifft bekanntlich nicht zu. Selbst bei Anlauf mit herabgesetzter Spannung können an einzelnen Stellen des Umfanges unter der Wirkung der großen Anlaufströme hohe Dichten auftreten, die das Eisen sättigen. Sobald aber die Felddichte der Durchflutung nicht mehr proportional ist, ist die bisher benutzte Überlagerung der Ständer- und Läuferoberfelder nicht mehr zulässig. Ein sinusförmiges Amperewindungs-Drehfeld:

$$AW \sin(\omega t - p\,\alpha_1)$$

erzeugt, unter Berücksichtigung der Sättigung, eine Feldergruppe:

$$\sum \mathfrak{B}_n \sin(n\,\omega\,t - n\,p\,\alpha_1),\ \text{wo}\ n = 1, 3, 5, \ldots .$$

Diese Sättigungsoberfelder unterscheiden sich von den bisher betrachteten Ständeroberfeldern dadurch, daß sie die Drehzahl ihres Grundfeldes besitzen, also auf den Ständer mit der Frequenz $f\,n$ einwirken.

In unserem Falle kann man über Drehsinn und Drehzahl der Sättigungsoberfelder nichts Allgemeines aussagen, da die auftretenden Sättigungen durch das Zusammenwirken mehrerer Felder entstehen, die u. U. verschiedenen Drehsinn und bestimmt verschiedene Geschwindigkeit haben. Wahrscheinlich ist aber, daß die starken Felder, also vor allem das Grundfeld, und in zweiter Linie die durch die Ständernutzahl begünstigten Oberfelder für die Sättigungsoberfelder bestimmend sein werden. Es ist also z. B. in einem 4poligen Motor mit einem 12-, 20-, 28poligen Sättigungsfeld zu rechnen, die alle mit 1500 U/min gegen den Ständer umlaufen. Hierdurch könnte bei dem von Möller untersuchten 16nutigen Läufer der Sattel bei — 750 U/min erklärt werden, denn hier treffen sich: Sättigungständerfeld $3 \cdot 2$ und Läuferoberfeld 6 (aus $v = 11$); Sättigungsfeld $5 \cdot 2$ und Läuferoberfeld 10 (aus $v = 13$) u. a. m. (siehe Abb. 3).

b) Einfluß der Lötstellen.

Von Einfluß auf das Verhalten des Läufers ist sicherlich auch die Güte, vor allem aber die Gleichmäßigkeit der Verbindungstellen zwischen Stäben und Ringen sowie auch der Eisenschluß zwischen einzelnen Stäben. Jede Verbindungstelle, ob weich oder hart gelötet, gibt zusätzlichen und wahrscheinlich verschiedenen Widerstand in das System. Ehe daher ein Läufer für Untersuchungen benutzt wird, aus denen grundsätzliche Schlüsse gezogen werden sollen, sollte man ihn auf die Gleichmäßigkeit seiner Widerstände kontrollieren (Abb. 4). Dies kann z. B. derart geschehen, daß man den Ringen jeweils an der Stelle des zu messenden Stabes Gleichstrom zuführt, und die Spannungen: *1—2, 2—3, 3—4, 1—4* mit Millivoltmeter mißt. Der Stabwiderstand r ist $= U_{23}/i_{\text{Stab}}$; der Lötstellenwiderstand $r_{l_{12}}$ bzw. $r_{l_{34}}$ ist $= U_{12}/i_{\text{Stab}}$ bzw. U_{34}/i_{Stab}; also $r_{l_{12}} = \frac{U_{12}}{U_{23}}\, r$. Sind sehr starke Ungleichheiten vorhanden, so ist dies u. U. daraus zu entnehmen, daß der Ton des leerlaufenden Motors im doppelten Schlupftakt schwebt. Wären die Ungleichheiten z. B. so stark, daß der Läufer für das Grundfeld mehr oder weniger einphasig wäre, so müßte ein Sattel bei s_1 etwas kleiner als ½ auftreten. Jedenfalls können ungleichmäßige Lötstellen die verschiedensten, völlig unkontrollierbaren Einflüsse ausüben. Hier liegt zweifellos ein großer Vorteil der gegossenen Läuferwicklungen, die diese Störungsquelle vermeiden.

c) Einfluß des Schränkens.

Der notwendige Grad des Schränkens bestimmt sich nach dem dabei verfolgten Zweck. Will man erreichen, daß der Anker aus jeder Stellung der Ruhelage gleich gut anzieht, so genügt eine Schränkung um eine Nutteilung; will man aber mit der Schränkung einen störenden Sattel beseitigen, so ist der Läufer soweit zu verschränken, daß diejenige Spannung ungefährlich klein wird, die das den Sattel verursachende Feld induziert. Beträgt die Läuferschränkung ψ'° (Abb. 7), so erzeugt das Ständerfeld $2\,p\,v$ im Läuferstabe nicht mehr die Spannung U_{1v} der Gl. (5), sondern eine Spannung (Anhang 11):

$$U_{1v\varphi} = U_{1v} \frac{\sin \frac{1}{2}\, p\, v\, \psi'}{\frac{1}{2}\, p\, v\, \psi'}. \tag{17}$$

$U_{1v\varphi}$ wird also gleich 0, wenn $p\,v\,\psi' = 2\,\pi$, also $\psi' = 2\,\pi/p\,v$ wird. Eine Vergrößerung von ψ' bedingt aber eine Verminderung des Kippmomentes des Motors. Diesen Einfluß hat Müllner[8] näher untersucht.

Anhang.

1. Die vom Ständerstrom erzeugten magnetischen Drehfelder.

Für die Entwicklung der Formeln ist stets die allgemeine Formel anwendbar (Abb. 5):

$$y = H\left[\frac{x_1}{2\pi} + \frac{2}{\pi}\sum_{p_1}\left\{\frac{1}{p_1}\sin\frac{1}{2}\,p_1\,x_1\cos p_1\left(\alpha - \frac{1}{2}\,x_1 - x_2\right)\right\}\right] \tag{18}$$

$p_1 = 1, 2, 3, \ldots$ ist die Polpaarzahl der Oberfelder, in die die Kurve Abb. 5 zerlegt werden kann. Dieser Ausdruck wird nun für jede Spule angesetzt. Die Summe aller Ausdrücke, über sämtliche Spulen erstreckt, gibt die gesuchte Formel für die in der Maschine vorhandenen Oberfelder. H ist die Durchflutung der betrachteten Spule unter Beachtung der Stromrichtung, d. i. der Schaltung.

Abb. 4. Methode zur Kontrolle der Lötstellen-Widerstände eines Käfigankers.

Abb. 5.

2. Bestimmung des Läuferschlupfes s_v gegen das v-te Oberfeld.

Drehzahl des Ständerfeldes $2\,p\,v$ gegen den Ständer: $\frac{k\,n_1}{v}$,

„ „ Läufers gegen den Ständer: $n_2 = n_1\,(1 - s_1)$,

„ „ Ständerfeldes $2\,p\,v$ gegen den Läufer:

$$\frac{k\,n_1}{v} - n_1\,(1 - s_1) = \frac{n_1}{v}\,s_v.$$

Hieraus:

$$s_v = k - v\,(1 - s_1). \tag{4}$$

3. Wirkung eines Ständeroberfeldes auf den Läufer.

Das Ständeroberfeld mit der Polzahl $2\,p\,v$ ist durch den Ausdruck bestimmt:

$$\mathfrak{B}_v = A_{1v}\,I_1 \cos\left[\omega\,t - p\,v\,k\,\alpha_1\right]. \tag{2}$$

Der Fluß dieses Feldes durch die Läuferwindung $ABDCA$ (Abb. 1) ist:

$$\Phi_v = \frac{D}{2}\,l_a \int_{\alpha_2}^{\alpha_2 + \frac{2\pi}{N_2}} \mathfrak{B}_v\,\mathrm{d}\,\alpha = \frac{D\,l_a}{k\,p\,v}\,A_{1v}\,I_1 \sin k\,\pi\,\frac{p\,v}{N_2} \times \cos\left[\omega\,t - k\,p\,v\left(\alpha_2 + \frac{\pi}{N_2}\right)\right].$$

Die Lage des Stabes AB gegen den Ständerort $\alpha_1 = 0$ sei bestimmt

zur Zeit $t = 0$ durch den Winkel α_{20},

zur Zeit $t = t$ durch den Winkel $\alpha_{20} + \frac{\omega\,t}{p}\,(1 - s_1)$.

Dies eingesetzt, gibt

$$\Phi_v = \frac{D\,l_a}{p\,v}\,A_{1v}\,I_1 \sin\pi\,\frac{p\,v}{N_2} \cos\left[\omega\,t\,s_v - p\,v\left(\alpha_{20} + \frac{\pi}{N_2}\right)\right].$$

Das Feld Φ_v induziert in der Windung $ABDCA$ die Spannung

$$U_{1v} = A_{2v}\,I_1 \sin\pi\,\frac{p\,v}{N_2} \sin\left[\omega\,t\,s_v - p\,v\left(\alpha_{20} + \frac{\pi}{N_2}\right)\right], \tag{5}$$

wo

$$A_{2v} = \frac{D\,l_a}{p\,v}\,A_{1v}\,\omega\,s_v \cdot 10^{-8}.$$

[8] Bergmann-Mitt. Bd. 7, S. 225 (1929).

(Schluß folgt.)

Dampf- oder elektrischer Antrieb der Eigenbedarfsanlagen größerer Dampfkraftwerke?*

Von Dr.-Ing. H. **Schult**, Berlin.

(Schluß von S. 1113.)

II. Verhalten des Antriebsmotors.

Wir wenden uns nun der Betrachtung des einzelnen motorischen Antriebes zu. Hier bietet sich im Kurzschlußmotor bzw. im Mehrfachnutmotor ein außerordentlich einfacher und sicherer Antrieb, der alle zu stellenden Bedingungen erfüllt. Ein stufenweises Anlassen ist auch bei größeren Motoren nicht erforderlich. Der Anfahrstromstoß, der bei Kurzschlußläufern etwa das 7fache, bei Doppelnutmotoren das 4 ... 5fache des normalen Vollaststromes beträgt, sollte im Kraftwerk selbst gegen die Einfachheit und Sicherheit des Anfahrens in Kauf genommen werden. Dieser Stromstoß klingt mit dem Anlauf ab, der sich in wenigen Sekunden vollzieht. Das Anfahrdrehmoment ist bei voller Klemmenspannung etwa 180 % des normalen, so daß auch solche Maschinen, die mit konstantem Gegendrehmoment arbeiten, ohne weiteres in Betrieb kommen. Da für Ein- und Ausschalten nur ein einziger Hebelgriff erforderlich ist, ist auch Fernsteuerung bzw. selbsttätiges Anlassen mit den einfachsten Mitteln möglich.

Für Hilfsmaschinen mit Drehzahlregelung bietet der motorische Antrieb die verschiedensten Möglichkeiten in der Verwendung von Asynchronmotoren mit regelbarem Schleifringanker, polumschaltbaren Kurzschlußmotoren, Kommutator- und Gleichstrommotoren. Im Rahmen der folgenden Untersuchungen ist es ohne Einfluß, welche Regelart bei dem Vergleich mit dem Dampfantrieb zugrunde gelegt wird. Soweit bei den Rechnungen erforderlich, wurde der wohl am häufigsten vertretene Asynchronmotor mit regelbarem Schleifringanker eingesetzt.

Von einiger Bedeutung ist das Verhalten der Antriebe bei Störungen in der Stromlieferung, die sich in einem Sinken der Spannung zeigen. Bei der Betrachtung dieser Verhältnisse ist zu unterscheiden zwischen Arbeitsmaschinen mit konstantem Gegendrehmoment, wie sie beispielsweise ein Rostantrieb darstellt, und solchen mit ventilatorartiger Charakteristik, also im wesentlichen Ventilatoren und Pumpen. Bei sinkender Spannung an den Klemmen der Motoren nimmt das Drehmoment quadratisch mit der Spannung ab. Kurzschlußmotoren, die auf ein konstantes Gegendrehmoment arbeiten, fallen dann bei etwa 60 % der Normalspannung außer Tritt und werden durch ihre Last fast augenblicklich abgebremst. Ventilatorartige Antriebe dagegen kommen erst bei fast vollständigem Verlust der Spannung zum Stillstand (Abb. 11)[3].

a Drehmoment des Motors bei voller Spannung
b Drehmoment des Motors bei halber Spannung
c Drehmoment des Motors bei ein Viertel Spannung
1 konstantes Gegendrehmoment
2 ventilatorartiges Gegendrehmoment

Abb. 11. Drehmoment-Kennlinie eines Kurzschlußmotors.

Von Interesse ist auch, wie sich bei wiederkehrender Spannung der Anlauf der einzelnen Antriebe gestaltet. Bisher war es vielfach üblich, die Schalter aller Antriebe mit Nullspannungsauslösung zu versehen, so daß bei Zusammenbruch der Spannung alle Maschinen zum Stehen kamen und nach Wiederkehr der Spannung von Hand eingeschaltet werden mußten. Diese Maßnahme erübrigt sich, sofern die einzelnen Motoren mit einer thermischen Schutzeinrichtung versehen werden, die den Motor gegen längere Überlastung schützt. Der Anlauf bei wiederkehrender Spannung gestaltet sich dann je nach der Größe der Stromquelle sehr verschieden. Im allgemeinen kann man damit rechnen, daß bei Stromlieferung von den Hauptsammelschienen aus der Anlauf störungsfrei und selbsttätig vor sich geht. Wesentlich ungünstiger dagegen sind die Anlaufverhältnisse, wenn die Hilfsbetriebe von einem besonderen Hausgenerator gespeist werden. Da der von den Motoren aufgenommene Anfahrstrom dann ein Mehrfaches des Normalstromes beträgt, bedeutet das plötzliche Einschalten der gesamten Hilfsbetriebe eine Überlastung des Generators. Die an den Motorklemmen in Erscheinung tretende Spannungsenkung wird weniger durch die vorgeschalteten Reaktanzen verursacht, vielmehr entsteht ihr größter Teil durch Feldschwächung im Generator infolge Ankerrückwirkung. Der Spannungsrückgang ist daher wesentlich stärker als bei Speisung von den Hauptsammelschienen, insbesondere bei schwacher Erregung des Generators.

a Gegendrehmoment eines Ventilators
b Gegendrehmoment einer Pumpe
v relative Erregung

Abb. 12. Drehmoment in Abhängigkeit von der Drehzahl bei wiederkehrender Netzspannung.

Die zu erwartenden Anlaufverhältnisse zeigt Abb. 12. Hierin bedeuten die ausgezogenen Kurven den Verlauf des Motordrehmomentes bei plötzlicher voller Belastung der Eigenbedarfsmaschine durch Kurzschlußmotoren. $v = 100$ % gilt für Leerlauferregung, $v = 300$ % für dreifache Leerlauferregung. Bei Leerlauferregung sinkt die Spannung beim Einschalten auf etwa 10 % der Normalspannung, so daß das Drehmoment nur noch etwa 1 % des normalen beträgt. Dabei können weder Pumpen noch Ventilatoren ordnungsmäßig in Betrieb kommen. Bei höherer Erregung laufen die Motoren der Pumpen an. Die Motoren der Ventilatoren dagegen bleiben zunächst bei einer bestimmten Drehzahl hängen, bis infolge des Steigens der Spannung mit Senkung der Stromaufnahme durch die Pumpenmotoren das Drehmoment entsprechend gestiegen ist. Arbeitsmaschinen mit konstantem Gegendrehmoment können erst dann anlaufen, wenn Pumpen und Ventilatoren fast die volle Drehzahl erreicht haben.

B. Dampfantrieb.

I. Verhalten der Antriebsturbine.

Wir kommen nun zur Untersuchung der Frage, wie sich bei Dampfantrieb der Hilfsbetriebe die aufgestellten Forderungen erfüllen lassen. Bei der Betrachtung des Einzelantriebes ist festzustellen, daß die Dampfturbine ebenso wie der Elektromotor in der Lage ist, allen Bedingungen nachzukommen.

Der Anfahrvorgang läßt sich derartig vereinfachen, daß das Anlassen durch Betätigung eines oder nur weniger Organe vorgenommen werden kann. Die Dauer des An-

* Vortrag, gehalten im Elektrotechnischen Verein am 24. III. 1931. Besprechung auf S. 1153 dieses Heftes.

[3] Diese Verhältnisse sind in den Aufsätzen von H. Langrehr u. H. Schult (vgl. Fußnote 2) eingehender behandelt.

fahrens bis zum Erreichen der vollen Drehzahl wird zwar längere Zeit in Anspruch nehmen als beim motorischen Antrieb, in den meisten Fällen aber dem Betrieb genügen. Gegebenenfalls kann man durch selbsttätige Inbetriebnahme eine Verkürzung der Anfahrzeit erreichen.

Die Sicherheit des Einzelantriebes ist namentlich bei Gegendruckturbinen infolge der einfachen Bauart sehr hoch. Gegenüber dem Elektromotor hat die Turbine den Vorteil, daß sie ohne besondere zusätzliche Einrichtungen in ihrer Drehzahl geregelt werden kann, sich also in allen Fällen den Belastungs- und Betriebsbedingungen der Arbeitsmaschine gut anpassen läßt.

Es interessiert nun auch hier, wie sich der Antrieb im Störungsfalle verhält. Dem Sinken der Spannung bei elektrischem Antrieb entspricht bei Dampfantrieb ein Sinken des Dampfdruckes. Mit dieser Möglichkeit ist allerdings weniger zu rechnen als beim motorischen Antrieb, wir wollen aber der Vollständigkeit halber auf diesen Ausnahmefall eingehen.

m_1, m_4 Drehmoment der Turbine; v_1 ventilatorartiges Gegendrehmoment; v_2 konstantes Gegendrehmoment. Gegendruck 5 ata = konst., Frischdampftemperatur = konst, Füllung = konst.

Abb. 13. Drehmoment-Kennlinien einer Gegendruckturbine bei verschiedenem Dampfdruck.

Abb. 13 zeigt die Drehmoment-Kennlinie einer Gegendruck-Dampfturbine für verschiedene Dampfspannungen. Bei vollem Dampfdruck beträgt das Anlaufdrehmoment etwa das Doppelte des normalen, so daß auch diejenigen Turbinen, die auf ein konstantes Gegendrehmoment arbeiten, schnell und sicher in Betrieb kommen. Fällt der Dampfdruck, so bleibt das Turbinendrehmoment zunächst so lange konstant, wie die Turbine in der Lage ist, durch Mehrdampfaufnahme den Druckabfall auszugleichen. Ist eine Füllungsvergrößerung nicht mehr möglich, dann sinkt das Drehmoment, u. zw. etwa proportional dem Produkt $p \cdot h$, wobei p den Dampfdruck am Eintritt, h das adiabatische Gefälle bis auf Gegendruck bedeuten. Da das adiabatische Gefälle im oberen Druckgebiet nur wenig abnimmt, erfolgt die Verringerung des Drehmomentes zunächst fast linear mit der Druckabnahme, während das motorische Drehmoment quadratisch mit der Spannung verliert. Die Abbildung zeigt die Abnahme von 25 at ausgehend unter Annahme eines Gegendruckes von 5 at. Die in der Abbildung eingetragenen Kennlinien eines ventilatorartigen und eines konstanten Drehmomentes zeigen, wie sich mit Abnahme des Drehmomentes der Antrieb verhält. Beim ventilatorartigen Drehmoment nimmt, ähnlich wie bei der Spannungsenkung eines motorischen Antriebes, die Drehzahl entsprechend den Schnittpunkten *2*, *3*, *4* allmählich ab und klingt erst bei völligem Verlust des Druckgefälles ab. Die Arbeitsmaschine mit konstantem Gegendrehmoment dagegen kommt wieder genau so wie beim motorischen Antrieb viel schneller zum Stehen. Bei 15 at ist kein Schnittpunkt mehr vorhanden, während die Arbeitsmaschine mit ventilatorartigem Gegendrehmoment dann noch mit etwa 75 % der normalen Drehzahl arbeitet.

Entsprechend verhalten sich die Anlaufverhältnisse beim Wiederkehren des Dampfdruckes. Die Maschine mit Ventilatorcharakteristik läuft mit steigendem Dampfdruck an, während die auf ein konstantes Drehmoment arbeitende Turbine erst bei Erreichen eines bestimmten Druckes in Gang kommt.

II. Abdampfverwertung.

Wir sehen also, daß der Dampfantrieb sich in allen diesen betrieblichen Eigenschaften durchaus günstig verhält. Es verbleibt noch die wichtige Frage, wie sich die ganzen Dampfantriebe in den Wärmekreislauf des Kraftwerkes einfügen lassen, d. h. wo der Abdampf unterzubringen ist. An sich gibt es folgende Möglichkeiten:

1. Auspuffbetrieb,
2. Kondensation,
3. Einleiten des Dampfes in die Hauptmaschinen oder Kondensatoren,
   und
4. Verwertung des Abdampfes für die Speisewasser-Vorwärmung.

Auspuffbetrieb als Normalbetrieb scheidet unbedingt aus. Abgesehen von der Unwirtschaftlichkeit bestände kaum die Möglichkeit, die nötigen Zusatz-Speisewassermengen zu beschaffen. Auch Einzelkondensation der Antriebe liegt aus Gründen der Anordnung und der betrieblichen Verwicklung nicht im Bereiche praktischer Möglichkeit. Das Einleiten des Dampfes in die Hauptmaschinen oder Kondensatoren beeinträchtigt die Unabhängigkeit und sollte nur ausnahmsweise, wenn eine Hilfsmaschine unmittelbar neben dem Kondensator steht, zur Anwendung gelangen. Hinzu kommt, daß alle Einzelantriebe aus Gründen der Sicherheit mit Notauspuff ausgerüstet werden müssen. Arbeitet die Turbine aber normalerweise auf ein sehr hohes Vakuum, so geht bei Auspuff die Leistung erheblich zurück.

Es verbleibt als erstrebenswerte Lösung die Verwertung des Abdampfes für die Speisewasser-Vorwärmung.

a) Einteilung der Dampfantriebe.

Bevor wir die Möglichkeiten, die sich hier bieten, untersuchen, wollen wir noch einmal auf Tafel 2 zurückgreifen und feststellen, welche Arbeitsmaschinen für Dampfantrieb in Frage kommen. Zunächst scheiden alle betriebsunabhängigen Antriebe aus. Ein großer Teil von ihnen dient dem Antrieb nicht ortsfester Maschinen, z. B. der Kohlenförderanlage, Krananlage usw., für die der elektrische Antrieb Vorteile bringt. Die übrigen Antriebe dieser Gruppen sind in ihrer Leistung sehr klein, so daß bei Dampfantrieb mit einem sehr schlechten Wirkungsgrad gerechnet werden muß und die zugehörigen Rohrleitungen die Kosten der Leistungseinheit erheblich belasten.

1 Kondensatpumpe, *2* Niederdruck-Vorwärmer, *3* Brüdenkondensator, *4* Mitteldruck-Vorwärmer, *5* Warmspeicher, *6* Kesselspeisepumpe

Abb. 14. Schema der Vorwärmung bei dampfangetriebenem Eigenbedarf (Kesselgruppe vor dem Warmspeicher).

Es verbleiben also für Dampfantrieb alle betriebsabhängigen Arbeitsmaschinen. Wir können hier nach örtlicher Lage und nach Bedeutung drei Gruppen unterscheiden (Tafel 3): Die erste Gruppe, die Maschinengruppe,

Tafel 3.

1. Maschinengruppe (lebenswichtig)	2. Kesselgruppe	3. Hilfsgruppe (begrenzt abhängig)
Kesselspeisepumpen Kühlwasserpumpen Kondensatpumpen	Saugzugventilatoren Unterwindventilatoren Einzelmühlen Roste	Verdampfer-Speisepumpen Rohwasserpumpen Transformatorenkühlung Kühlwasserreinigung
rd. 1,5 % der Kraftwerksleistung	rd. 3,5 % (bei Rostfeuerung 2 %)	rd. 0,1 %

enthält Kesselspeisepumpen, Kühlwasserpumpen und Kondensatpumpen. Die zweite Gruppe, die Kesselgruppe, enthält sämtliche Kesselantriebe. Eine dritte Gruppe, die mit „Hilfsgruppe" bezeichnet wurde, umfaßt kleinere Antriebe, z. B. Verdampferspeisepumpen, Rohwasserpumpen, Transformatorenkühlung und Kühlwasserreinigung.

Während die Maschinengruppe etwa 1,5 % der Kraftwerksleistung in der Spitze erfordert, benötigt die Kesselgruppe bei Kohlenstaubfeuerung etwa 3,5 %, bei Rostfeuerung etwa 2 %, die Hilfsgruppe dagegen nur etwa 0,1 %. An sich könnte die Hilfsgruppe für Dampfantrieb ausscheiden, weil sie bei elektrischem Antrieb die an den Sammelschienen verfügbare Leistung nicht wesentlich belastet und fernerhin ein kurzzeitiger Ausfall dieser Antriebe keine Störung des Werkes herbeizuführen

braucht. Auch gilt für diese Gruppe das schon vorher Gesagte, daß bei der örtlichen Verteilung die Leitungen für Zu- und Abführung des Dampfes die Anlagekosten wesentlich belasten und für kleine Turbinen nur mit einem sehr schlechten Wärmewirkungsgrad gerechnet werden darf.

b) Einfügung in die Vorwärmung.

Für die Einfügung dieser Antriebsgruppen in die Vorwärmung ergibt sich als Beispiel das Schema der Abb. 14. Die Kondensatpumpe *1* fördert über den Niederdruck-Vorwärmer *2*, Brüdenkondensator *3*, Mitteldruck-Vorwärmer *4* in den Warmspeicher *5*, aus welchem das Wasser der Kesselspeisepumpe *6* zufließt. Hilfsgruppe und Maschinengruppe sind mit ihrem Abdampf auf die Niederdruck-Vorwärmung geschaltet, während die Kesselgruppe den Mitteldruck-Vorwärmer und auch den Verdampfer speist. Da der Eigenbedarf in keinem festen Verhältnis zur Belastung des Kraftwerkes steht, so wird die Temperatur hinter der Kesselgruppe nicht konstant sein. Aus diesem Grunde ist auf den Warmspeicher eine Anzapfung der Hauptmaschinen geschaltet, die eine konstante Vorwärmetemperatur ermöglichen soll.

1 Temperatur hinter der Kesselgruppe bei 3,5 % Kesseleigenbedarf
2 Temperatur hinter der Kesselgruppe bei 2,0 % Kesseleigenbedarf
3 Temperatur hinter dem Brüdenkondensator

Abb. 15. Temperaturverlauf bei Vorwärmung durch die Eigenbetriebe (Kesselgruppe vor dem Warmspeicher).

1 bei 3,5 % Kesseleigenbedarf
2 bei 2 % Kesseleigenbedarf
3 bei Vorwärmung durch ungeregelte Anzapfung der Hauptmaschinen

Abb. 16. Relativer Wirkungsgradverlauf bei Vorwärmung durch die Eigenbetriebe (Kesselgruppe vor dem Warmspeicher).

Abb. 15 zeigt den zugehörigen Temperaturverlauf der einzelnen Vorwärmestufen in Abhängigkeit von der Belastung. Die unterste Kurve ergibt die Temperaturerhöhung durch den Abdampf der Maschinengruppe, die von 30 auf 50 °C bei Vollast bzw. 75 °C bei ¼-Belastung steigt. Kurve *1* gibt die Temperatur hinter der Kesselgruppe an, u. zw. für einen Kesseleigenbedarf von 3,5 %, ist also für Kohlenstaubfeuerung gedacht; Kurve *2* gilt für 2 % Kesseleigenbedarf. Kurve *3* zeigt die Temperatur hinter dem Brüdenkondensator bei 5 % Zusatzwasser. Die Endtemperatur, die durch zusätzliche einstufige Anzapfung der Hauptmaschinen erreicht wird, wurde in beiden Fällen mit 140 °C angenommen.

Der Verlauf der Kurven zeigt, daß auch bei einer Erhöhung des Eigenbedarfes der Abdampf in der Vorwärmung noch unterzubringen ist, selbstverständlich bei entsprechender Verringerung der Dampfentnahme an der Anzapfung der Hauptmaschinen.

Abb. 16 zeigt das Wirkungsgradverhältnis des Gesamtwerkes bei der vorerwähnten Betriebsweise. Dabei wurde der thermodynamische Wirkungsgrad der Antriebsturbinen mit 60 % angenommen. Kurve *1* gilt für 3,5 %, Kurve *2* für 2 % Kesseleigenbedarf. Die höheren Werte der Kurve *2* erklären sich daraus, daß bei geringerem Eigenbedarf die mit besserem Wirkungsgrad arbeitende Anzapfung der Hauptmaschinen stärker ins Gewicht fällt. Der Sprung der Kurve gibt die Belastungsstelle an, bei welcher der Druck an der Maschinenanzapfung soweit gesunken ist, daß mit reduziertem Frischdampf gearbeitet werden muß. Zum Vergleich ist als Kurve *3* der Wirkungsgradverlauf für den Fall eingetragen, daß die gesamte Vorwärmung durch ungeregelte Anzapfung der Hauptmaschinen erfolgt.

Wird die Kesselgruppe, wie eben angedeutet, auf eine Mitteldruck-Anzapfung vereinigt, so ist der Abdampf aller Kesselantriebe der Vorwärmanlage zuzuleiten. Man könnte annehmen, daß die Sammlung und Fortleitung des Abdampfes bis zur Vorwärmanlage eine verwickelte Anordnung ergibt. Diese ließe sich vermeiden, wenn ein Schema nach Abb. 17 gewählt wird, bei welchem die Kesselgruppen auf Hochdruck-Vorwärmer geschaltet werden, die den einzelnen Kesseln zugeordnet sind.

1 Kondensatpumpe
2 Niederdruck-Vorwärmer
3 Brüdenkondensator
4 Warmspeicher
5 Kesselspeisepumpe
6 Hochdruck-Vorwärmer

Abb. 17. Schema der Vorwärmung bei dampfangetriebenem Eigenbedarf (Kesselgruppe hinter dem Warmspeicher).

Diese Zuordnung der Kesselantriebe zu einem Kesselvorwärmer ist nur dann möglich, wenn die anfallende Abdampfmenge in etwa mit der Belastung des Kessels bzw. der Speisewassermenge verhältnisgleich ist. Hier trifft es sich günstig, daß der relative Eigenbedarf eines Kessels mit abnehmender Kesselbelastung schneller fällt als die Kesselbelastung selbst (Abb. 18). Dies ist darauf zurückzuführen, daß die von den Ventilatoren aufgenommene Leistung bei Drehzahlregelung etwa mit der dritten Potenz der geförderten Gasmenge fällt. Wird also die Temperatur vor der Kesselgruppe konstant gehalten, so würde bei Vollast die größte Temperaturerhöhung durch die Kesselgruppe eintreten, der Kessel also praktisch dann am stärksten durch die Vorwärmung entlastet werden.

Abb. 18. Relativer Eigenbedarf eines Kessels in Abhängigkeit von seiner Belastung.

Abb. 19 zeigt wieder in Kurve *1* die Temperatur hinter der Maschinengruppe, Kurve *2* die Temperatur im Warmspeicher, Kurve *3* endlich die Temperatur hinter der Kesselgruppe bei 3,5 % Kesseleigenbedarf. Den rechnerischen Werten überlagern sich gewisse Temperaturschwankungen, die durch die Schwankungen in der Speisung, auch bei konstanter Kesselbelastung, entstehen.

Der Anwendung der Schaltung nach Abb. 17 sind Grenzen gesetzt. Nach der Abbildung wurde die Temperatur hinter der Maschinenanzapfung bei 3,5 % Kesseleigenbedarf auf 95 °C gelegt, obwohl es mit Rücksicht auf eine einwandfreie Entlüftung wünschenswert wäre, über Atmosphärendruck zu gehen. Legt man aber die Anzapfung der Hauptmaschinen höher als angegeben, so ist eine Unterbringung des Abdampfes der Kesselgruppe schon bei

dem angenommenen guten Wirkungsgrad der Hilfsturbinen von 60% nicht mehr möglich. An sich wäre es nun bei Kohlenstaubfeuerung wirtschaftlich zulässig, die Endtemperatur der Vorwärmung höher zu treiben. In einstufiger Vorwärmung der Kesselgruppe läßt sich dies jedoch nicht erreichen, weil bei Erhöhung der Vorwärmtemperatur über die gezeigten Werte die anfallende Wärmemenge bei gleicher Leistung der Antriebsturbinen in

1, 2, 3 } bei 3,5% Kesseleigenbedarf a, b, c } bei 2% Kesseleigenbedarf

——— Temperatur hinter dem Brüdenkondensator

Abb. 19. Temperaturverlauf bei Vorwärmung durch die Eigenbetriebe (Kesselgruppe hinter dem Verdampfer).

stärkerem Maße ansteigt, als durch Vorwärmung auf höhere Temperatur untergebracht werden kann. Man müßte also hier schon zu einer zweistufigen Vorwärmung an den Kesseln übergehen oder aber einen Teil der Kesselgruppe für die Verdampfung des Speisewassers verwenden. Dies gilt unter der Annahme eines Anfangsdruckes von etwa 30 at; bei höherem Druck werden die Verhältnisse günstiger.

1 bei 3,5 % Kesseleigenbedarf
2 bei 2 % Kesseleigenbedarf
3 bei Vorwärmung durch ungeregelte Anzapfung der Hauptmaschinen

Abb. 20. Relativer Wirkungsgradverlauf bei Vorwärmung durch die Eigenbetriebe (Kesselgruppe hinter dem Warmspeicher).

Zu erwähnen ist noch, daß die Anordnung der Hochdruck-Vorwärmer an den einzelnen Kesseln teurer wird als Vorwärmer, die den Kesselspeisepumpen vorgeschaltet sind, denn die Vorwärmer hinter den Pumpen müssen für den vollen Speisedruck ausgelegt sein. Untersuchungen ergaben, daß die Anordnung an den Kesseln bei 35 at eine Mehrbelastung in der Größenordnung von etwa 5 RM, bei 100 at von etwa 10 RM, umgerechnet auf das kW Eigenbedarf, bringt. Sofern es gelingt, die Anlagekosten von 500 ... 600 RM/kW wesentlich herabzudrücken, können diese Mehrkosten in Kauf genommen werden.

Abb. 20 zeigt das relative Wirkungsgradverhältnis des Gesamtwerkes. Kurve *1* gilt für 3,5%, Kurve *2* für 2% Kesseleigenbedarf. Kurve *3* ist wieder als Vergleich eingetragen und gilt für Vorwärmung durch ungeregelte Anzapfung der Hauptmaschinen.

5. Wirtschaftlicher Vergleich.

Wir kommen nun zur letzten Frage, die für uns von besonderem Interesse ist, zur Frage nach der Wirtschaftlichkeit der Eigenversorgung. Die Wirtschaftlichkeit wird bestimmt durch Anlagekosten und Wärmeverbrauch.

Die Anlagekosten bei elektrischem Antrieb betragen, wie schon gesagt, etwa 550 RM/kW. Dieser Preis enthält die anteilige Kraftwerksleistung und die gesamte Verteilung zur Eigenversorgung einschließlich Antriebsmotoren. Größe und Type des Motors können eine Verschiebung um etwa ± 20 RM bringen.

Die Anlagekosten bei Dampfantrieb betragen etwa 350 RM/kW, u. zw. bei einer Größe der einzelnen Turbinen von etwa 100 kW. Hierin sind die anteilige Kesselleistung und das zugehörige Rohrleitungsnetz enthalten. Auf den Preis der Antriebsturbine selbst sind ihre Größe und ihr Wirkungsgrad von erheblichem Einfluß. Mit besserem Wirkungsgrad können sich die Anschaffungskosten u. U. verdoppeln. Dieser Preisunterschied gleicht sich aber durch die bei schlechtem Wirkungsgrad erforderliche Kesselmehrleistung fast vollkommen aus, so daß die Gesamtkosten für das kW Eigenbedarf durch den Wirkungsgrad wenig berührt werden. Eine Vergrößerung der Antriebe dagegen bringt eine Senkung des angegebenen Satzes von 350 RM, u. zw. in weit stärkerem Maße als beim elektrischen Antrieb, weil die Kosten des Motors bei den Gesamtkosten von 550 RM anteilig nicht die Rolle spielen wie im anderen Falle die Kosten der Antriebsturbine.

Abb. 21. Wirtschaftlicher Vergleich von Dampf- und elektrischem Antrieb bezogen auf Anlagekosten je kW Eigenbedarf (η % = konst.).

Wir sehen also, daß der Dampfantrieb eine Ersparnis an Anlagekosten von 550 gegen 350, das sind 200 RM/kW Eigenbedarf bringen kann. Diese Ersparnis wird zu einem Teil aufgezehrt durch größeren Wärmebedarf. Es wäre unrichtig, hier davon auszugehen, daß die an den Gegendruckturbinen anfallende Wärme ohnehin in der Vorwärmung umgesetzt wird und infolgedessen der Wirkungsgrad von untergeordneter Bedeutung ist. Die Menge des Vorwärmdampfes ist durch die Endtemperatur der Vorwärmung begrenzt, so daß bei schlechterem Wirkungsgrad der Gegendruckmaschinen weniger Kilowattstunden im Gegendruckbetrieb geleistet werden. Bei dem Vergleich ist anzunehmen, daß die fehlenden Kilowattstunden nunmehr im Kondensationsbetrieb erzeugt werden müssen und dieser Mehrbedarf an Wärme den Eigenbedarf belastet.

Unter Berücksichtigung dieser Tatsache ergeben sich für den wirtschaftlichen Vergleich zwischen Dampfantrieb und elektrischem Antrieb die in Abb. 21 gezeigten Verhältnisse. Der Wärmeverbrauch wurde zur Schaffung einer brauchbaren Vergleichsbasis umgerechnet auf Anlagekosten/kW, wobei ein Kapitaldienst von 15% für Verzinsung und Abschreibung eingesetzt wurde.

Die Abbildung zeigt, abhängig von den Jahresbenutzungsstunden, oberhalb der Nullinie die Ersparnis, unterhalb die Mehrkosten bei Dampfantrieb. Bei 0 Benutzungsstunden tritt der Wirkungsgradunterschied nicht in die Erscheinung. Es verbleibt hier also zugunsten des Dampfantriebes die Ersparnis in den Anlagekosten von etwa 200 RM/kW. Mit zunehmender Betriebstundenzahl sinkt die Ersparnis bei Dampfantrieb, u. zw. um so stärker, je schlechter der thermodynamische Wirkungsgrad der Antriebsturbinen ist. Für einen Wirkungsgrad von 40% liegt der Schnittpunkt mit der Nullinie bei etwa 3500 Benutzungsstunden. Bei einem Wirkungsgrad von 60% kann mit einer Ersparnis von etwa 150 RM/kW im Mittel gerechnet werden.

Man erkennt aus diesen Kurven, daß es unbedingt erforderlich ist, einen möglichst hohen thermodynamischen Wirkungsgrad der Antriebsturbinen anzustreben. Zur Zeit werden Gegendruckturbinen von etwa 100 kW, die lediglich für vorübergehenden, also Notbetrieb, gedacht sind, mit einem Wirkungsgrad um etwa 35% ausgeführt. Bei Turbinen, die im Dauerbetrieb arbei-

ten, findet man Wirkungsgrade von 50 ... 55%. Bei 300 kW Leistung läßt sich auch ein Wirkungsgrad von 60% bei wirtschaftlicher Bauart erreichen.

Die Kurven der Abb. 21 sind unter der Annahme errechnet, daß, unabhängig von der Zahl der Jahresbenutzungsstunden, der Einzelantrieb stets voll belastet ist. Berücksichtigt man das Wirkungsgradverhältnis bei Teillasten, so ergibt sich noch eine kleine Verschiebung zugunsten des Dampfantriebes.

Abb. 22. Relativer Wirkungsgrad von Dampfantrieb und elektrischem Antrieb in Abhängigkeit von der Belastung.

Abb. 22 zeigt abhängig von der Belastung den relativen Wirkungsgrad eines Dampfantriebes und eines elektrischen Antriebes (Asynchronmotor mit regelbarem Schleifringanker). Dabei wurde angenommen, daß die Antriebe auf ein ventilatorartiges Gegendrehmoment arbeiten, welches ja im Kraftwerksbetrieb vorherrscht. Bei Vollast ist der relative Wirkungsgrad für Dampf- und elektrischen Antrieb mit 100% eingesetzt. Die Dampfturbine mit Drehzahlregelung zeigt bei Teillasten günstigere Wirkungsgrade als der elektrische Antrieb. Ohne Drehzahlregelung liegen die Kurven bis zu ½-Last nahezu gleich. Da die Turbine eine Drehzahlregelung ohne zusätzliche Einrichtungen zuläßt, wird man bei Turboantrieb von einer Regelung möglichst viel Gebrauch machen, also auch die besseren Wirkungsgradverhältnisse erzielen. Unter Berücksichtigung dieses Verhaltens der Antriebsarten und unter der Annahme, daß zu jedem Jahresbenutzungsfaktor eine entsprechende mittlere Belastung des Einzelantriebes gehört, ergibt sich für den wirtschaftlichen Vergleich die Kurvenschar nach Abb. 23.

Abb. 23. Wirtschaftlicher Vergleich von Dampf- und elektrischem Antrieb bezogen auf Anlagekosten je kW Eigenbedarf (η% = veränderlich).

Auch hierin ist der Arbeitsbereich zwischen 3000 und 5000 Jahresbenutzungsstunden besonders hervorgehoben. Während die Kurve für $\eta = 40$% in Abb. 21 bei 3500 Benutzungsstunden die Nullinie schneidet, liegt der Schnittpunkt nunmehr bei etwa 4500 h. Auch die Werte für 50 und 60% liegen im normalen Arbeitsbereich entsprechend höher, während die Ausgangspunkte und die Werte für 8000 Jahresbenutzungsstunden mit den früheren Kurven übereinstimmen. Wir sehen, daß sich bei einem Wirkungsgrad zwischen 50 und 60% eine Senkung der Anlagekosten von 150 ... 180 RM/kW Eigenbedarf erreichen läßt.

6. Zusammenfassung des Ergebnisses.

Wir wollen zum Schluß das Ergebnis unserer Betrachtungen noch einmal kurz zusammenfassen. Für den Vergleich des elektrischen Antriebes und des Dampfantriebes haben wir eine Reihe von Forderungen aufgestellt und folgendes gefunden:

Die erste Forderung nach möglichst weitgehender Sicherheit der Energieversorgung wird beim Dampfantrieb ohne Zweifel am besten erfüllt. Bei elektrischem Antrieb kann eine hohe Sicherheit durch Aufstellung einer besonderen Hausmaschine erreicht werden. Auch die Vorwärmmaschine läßt sich unter bestimmten Voraussetzungen als elektrisch völlig unabhängige Eigenbedarfsmaschine verwenden. Immerhin wird man bei elektrischem Antrieb zumindest für die lebenswichtigen Maschinen auf Dampfantrieb als Reserve zurückgreifen.

Die zweite Forderung ging dahin, die Eigenversorgung so zu gestalten, daß der Betrieb nach einer Störung möglichst schnell und glatt wieder in Gang kommt. Auch diese Forderung wird beim Dampfantrieb bestens erfüllt. Beim elektrischen Antrieb hängt der glatte Anlauf der Hilfsmaschinen wesentlich von der Art der Stromquelle ab. Der Anlauf erfolgt um so leichter, je starrer die Spannung an den Sammelschienen der Hausverteilung ist. Bei Stromversorgung von den Hauptsammelschienen aus liegen die Verhältnisse demnach günstiger als bei Deckung durch eine besondere Hausmaschine. Hier stehen sich zwei Forderungen entgegen: die der Sicherheit der Stromlieferung und diejenige eines einfachen Wiederanlaufens nach Auftreten einer Störung.

Die dritte Forderung bezog sich auf betriebliche Eigenschaften der Antriebe: Regelungsfähigkeit, Einfachheit des Anlassens und selbsttätigen Betrieb. In der Drehzahlregelung ist die Dampfturbine dem Elektromotor überlegen, da bei der Dampfturbine zur Drehzahlregelung keine besonderen zusätzlichen Einrichtungen erforderlich sind. Das Inbetriebsetzen selbst ist beim Kurzschlußmotor einfacher und durch einen einzigen Schaltgriff auszuführen, auch ist die volle Drehzahl in wenigen Sekunden erreicht. Ein grundsätzlicher Nachteil des Dampfturbinenantriebes kann hierin aber nicht erblickt werden.

Die vierte sehr wichtige Forderung bezieht sich auf die Einfügung der Eigenversorgung in den Gesamtbetrieb. Elektrisch bestehen hier keine Schwierigkeiten. Bei Dampfantrieb ist die Einfügung der einzelnen Turbinen in die Vorwärmung des Kesselspeisewassers nicht bei jeder Schaltung möglich. Es sind Fälle denkbar, in denen die anfallende Wärmemenge die zur Vorwärmung erforderliche übersteigt. Diese Verhältnisse müssen deshalb von Fall zu Fall untersucht werden, um eine brauchbare Lösung zu finden. Sodann soll der Vollständigkeit halber darauf hingewiesen werden, daß bei Vorwärmung durch den Abdampf der Einzelantriebe die Möglichkeit der Gleichdruckspeicherung entfällt. Wie dieser Nachteil zu bewerten ist, hängt davon ab, welche Aussichten der Gleichdruckspeicherung zuzumessen sind.

Die letzte Forderung betrifft die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens. Hier hatten wir gesehen, daß Voraussetzung für den Dampfantrieb eine gewisse Mindestleistung der Einzelantriebe und damit auch eine bestimmte Größe der Kessel und Turbinen ist. Diese Mindestleistung liegt bei etwa 100 kW. Ferner muß ein möglichst hoher Wirkungsgrad der Einzelantriebe angestrebt werden. Sind diese Voraussetzungen erfüllt, so kann bei öffentlichen Dampfkraftwerken eine Senkung der Kosten der Eigenbedarfsanlage um etwa 150 bis 200 RM/kW erzielt werden, das sind etwa 25...30% der Kosten, die bei elektrischem Antrieb aufgewandt werden müssen, bzw. 2...3% der Gesamtanlagekosten eines Kraftwerkes. Dieser Vorteil des Dampfantriebes nimmt weiter zu bei großen Leistungseinheiten mit relativ hohem Eigenbedarf und hohem Betriebsdruck, er wird also namentlich für neuzeitliche große und größte Kraftwerke in Frage kommen.

Bei den Untersuchungen, die zu diesem Ergebnis geführt haben, sind wir von bestimmten Voraussetzungen ausgegangen. Wir dürfen demnach auch das Ergebnis nicht als allein gültige und starre Lösung ansehen. Es sollte lediglich gezeigt werden, daß der Einzeldampfantrieb Beachtung verdient und bei größeren neuzeitlichen Dampfkraftwerken ernstlich mit in Erwägung zu ziehen ist. Im übrigen erfordert gerade im Kraftwerksbau jeder Einzelfall eine den besonderen Verhältnissen angepaßte Prüfung, die allein zur richtigen Lösung führen kann.

Die halbselbsttätige Kesselsteuerung im Kraftwerk Issy-les-Moulineaux.

Von Obering. O. Graef und Dipl.-Ing. J. Möller, Frankfurt a. M.

Übersicht. Der Erweiterungsbau des Pariser Kraftwerkes „Issy-les-Moulineaux" gestaltete sich wegen Mangels an Kühlwasser für die Kondensatoren sehr schwierig. Die Lösung der Aufgabe erfolgte durch Vorschaltturbinen und Bau eines neuen Hochdruck-Kesselhauses. Dieses Kesselhaus wurde mit einer neuartigen halbselbsttätigen Steuerung versehen, wobei die einzelnen Kesselmotoren an veränderlicher Spannung liegen. Die Steuerung jedes einzelnen Kessels erfolgt durch einen Kesselregler, der den Führerschaltern von Schienenfahrzeugen nachgebildet ist. Alle Kesselregler können durch eine gemeinschaftliche Steuerung gleichzeitig bedient werden, so daß das ganze Kesselhaus durch zwei Druckknöpfe gesteuert werden kann.

Die Versorgung der inneren Teile der Stadt Paris mit elektrischer Energie wird durch 2 Kraftwerke besorgt, von denen das eine in Issy-les-Moulineaux, das zweite in Saint-Ouen sich befindet. Beide Kraftwerke gehören der Compagnie Parisienne de Distribution d'Electricité. Nach den letzten Erweiterungsbauten im Jahre 1925 betrug die Leistung des Kraftwerks in Saint-Ouen 250 000 kW, während das Kraftwerk in Issy, dessen Leistung durch die Unzulänglichkeit des Kesselhauses beschränkt war, nur 80 000 kW im Höchstfall abgeben konnte. Das Kraftwerk in Issy war ausgerüstet mit 4 Turbogeneratoren zu je 12 000 kW und mit 2 Turbogeneratoren zu je 35 000 kW. Den Dampf lieferte ein Kesselhaus mit 40 Kesseln; die Dampfspannung betrug 13 atü, die Dampftemperatur 325 °C. Jeder Kessel leistete 10 ... 12 t/h.

Abb. 1. Kesselregler.

Durch das sprunghafte Anwachsen des Bedarfs war eine rasche Erweiterung notwendig geworden, wobei die erhöhte Leistung spätestens im Winter 1929/30 zur Verfügung stehen mußte. Die Leistung des alten Kraftwerkes war im wesentlichen durch die Leistung des Kesselhauses gegeben, die man auf höchstens 88 000 kW beziffern konnte. Demgegenüber stand bereits eine eingebaute Maschinenleistung von 118 000 kW. Es mußte also vor allen Dingen das **Kesselhaus** vergrößert werden. Weiter war zu beachten, daß geeignetes Kühlwasser für die Kondensation nur in beschränkter Menge zur Verfügung stand und eine wesentliche Vergrößerung dieser Menge aus örtlichen und geldlichen Gründen undurchführbar war. Es bot sich hier der Ausweg, Turbosätze mit hoher Eintrittspannung neu aufzustellen, deren Abdampf im Gegendruckbetrieb in den vorhandenen Turbinen weiter verarbeitet wird. Dadurch

A Sammelschienen 220 V Gleichstrom
B Zusatzmaschine
1 Treibmotor
2 Zusatzmaschine für die Ventilatoren
3 Zusatzmaschine für die Kohlenstaub-Förderschnecken
4 Hilfswiderstand im Erregerkreis der Ventilator-Zusatzmaschine
5 Hilfswiderstand im Erregerkreis der Kohlenstaub-Zusatzmaschine
6 Regelwiderstand für die Hilfserregung der Kohlenstaub-Zusatzmaschine
C Kesselregler
7 Druckknopf „mehr Last"
8 Druckknopf „weniger Last"
9 Servomotor zum Antrieb des Kesselreglers
10 Doppelpotentiometer zum Abgreifen der Erregerspannung für die Ventilator-Zusatzmaschine
11 Doppelpotentiometer zum Abgreifen der Erregerspannung für die Kohlenstaub-Zusatzmaschine
12 Feldregler des Primärluft-Ventilatormotors
D Hilfssammelschienen veränderlicher Spannung
E Sekundärluft - Ventilatormotor
13 Korrekturwiderstand für die Erregung des Sekundärluft-Ventilatormotors
F Saugzug-Ventilatormotor
14 Korrekturwiderstand für die Erregung des Saugzug-Ventilatormotors
G 1, G 2, G 3, Motoren der Kohlenstaub-Förderschnecken
15 Korrekturwiderstand für die Erregung der Kohlenstaub-Fördermotoren
H Primärluft-Ventilatormotor
16 Korrekturwiderstand für die Erregung des Primärluft-Ventilatormotors

Abb. 2. Schaltung für einen Kessel.

wurde die verfügbare Maschinenleistung erhöht, ohne die Kondensation allzu sehr zu belasten, und ein besseres Gleichgewicht zwischen Dampferzeugung und Dampfverbrauch hergestellt. Da das Kraftwerk wie alle Pariser Kraftwerke mit Kohle rasch wechselnder Zusammensetzung

rechnen muß, schien die Verwendung von Kohlenstaubfeuerung günstig, da diese Feuerungsart sehr gut für rasch wechselnde Kohlensorten geeignet ist.

Diese verschiedenartigen Anforderungen wurden auf folgende Weise erfüllt. Ein neues Kesselhaus wurde erbaut, das 6 kohlenstaubgefeuerte Hochdruckkessel mit je 1800 m² Heizfläche enthält. Jeder Kessel leistet normal 100 t/h, als Spitzenleistung 120 t/h. Der Dampfdruck ist 44 atü, die Dampftemperatur 450 °C. Im Maschinenhaus wurden ein großer und 2 kleine Turbogeneratoren neu aufgestellt. Der große Turbosatz leistet 35 000 kW und enthält eigene Kondensation. Zwischendampfentnahme ist in 3 Stufen vorgesehen; der entnommene Dampf dient für die gesamte Vorwärmung. Zur Niederschlagung der verbleibenden Dampfmenge reichte die zur Verfügung stehende Kühlwassermenge noch aus. Die beiden kleineren Turbosätze zu je 11 000 kW arbeiten im Gegendruckbetrieb als Vorschaltmaschinen zu den vorhandenen beiden 35 000 kW-Turbosätzen, deren Leistung bei dieser Gelegenheit durch erhöhte Eintrittspannung des Dampfes auf je 40 000 kW gebracht wurde. Die ursprünglich vorgesehene Sammlung des Dampfes hinter den Vorschaltturbinen in einem gemeinsamen Aufnehmer wurde nicht ausgenutzt. Die restlichen 4 alten Turbosätze werden weiterhin vom alten Kesselhaus gespeist, dienen aber nur zum Ausgleich der Spitzenbelastung und als Reserve. Die bis jetzt veröffentlichten Versuchsergebnisse auch Hochdruckwerken zeigen, daß durch Brennstoffersparnisse ganz erhebliche Baukosten amortisiert werden können, wenn die Benutzungsdauer der Anlage hinreichend groß ist, und wenn außerdem der garantierte und in den Abnahmeversuchen erreichte Wirkungsgrad im Betrieb auch wirklich aufrechterhalten werden kann. Sieht man die erste Bedingung als erfüllt an, so ist, um der zweiten zu genügen, zunächst eine umfangreiche Prüfung auf Grund sorgfältiger Versuche notwendig, um festzustellen, welches die Bestwerte aller Meßgrößen für jeden Belastungsfall sind. Weiterhin müssen aber auch die wirklichen Werte aller Meßgrößen stets genau bekannt sein, und endlich muß man diese Meßgrößen schnell und exakt ändern können. Es müssen also einerseits Meßgeräte in genügender Zahl und ausreichender Genauigkeit und anderseits geschmeidige und genaue Regelgeräte vorhanden sein.

Zur Lösung der Aufgabe, stets den besten Wirkungsgrad einzuhalten, kann man die Regelgeräte nach den Angaben der Meßgeräte von Hand bedienen lassen. Dies ist der eine Grenzfall; der andere ist durch vollständige Automatisierung der Anlage gegeben, wobei die Meßgrößen unmittelbar auf die Regelgeräte wirken. Zwischen beiden Grenzfällen gibt es natürlich eine große Zahl Übergangsstufen. Nun ist an sich die Kohlenstaubfeuerung für eine Handregelung bei Lastschwankungen gut geeignet. Es ist — wenigstens theoretisch — sehr einfach, die Drehzahl der Kohlenstaub-Förderschnecken und der Ventilatoren für Primärluft, Sekundärluft und Saugzug zu ändern und damit augenblicklich allen Lastschwankungen nachzukommen. Anderseits darf man nicht vergessen, daß bei einer Staubfeuerung ein günstiger Betriebszustand und ein guter Wirkungsgrad nur dann erreicht werden, wenn eine große Zahl von Meßgrößen in einem bestimmten, für jeden Belastungsfall festgelegten Verhältnis zueinander stehen. Bei einer Handbedienung der Regelgeräte treten nach kurzer Zeit unter allen Umständen Verschiebungen gegenüber dem festgelegten Verhältnis auf, die zur Folge haben müssen, daß die Bedingungen für den besten Wirkungsgrad nicht mehr eingehalten werden. Die vollständige Automatisierung des Kesselhauses, die den anderen Grenzfall darstellt, konnte mit Rücksicht auf die hohen Baukosten einer solchen Anlage nicht durchgeführt werden. Auch haben Erfahrungen an amerikanischen Anlagen gezeigt, daß die Instandhaltung durch ausgezeichnet geschultes und entsprechend teures Personal besorgt werden muß, wenn nicht die kostspielige Anlage in kurzer Zeit unbrauchbar werden soll.

Die im folgenden beschriebene halbselbsttätige Kesselsteuerung, die erste dieser Art in Europa, steht gewissermaßen in der Mitte zwischen Handbedienung und selbsttätigem Betrieb. Die drei Kohlenstaub-Förderschnecken und die Ventilatoren für Primärluft, Sekundärluft und Saugzug besitzen elektrischen Antrieb durch regelbare Gleichstrommotoren. Sämtliche Ventilatormotoren sind als Doppelmotoren ausgeführt, wobei die Einzelmotoren symmetrisch zum getriebenen Ventilator sitzen. Die beiden Einzelmotoren arbeiten in der Regel parallel; ist einer von ihnen beschädigt, so kann der andere auch einzeln arbeiten. Eine besondere Hilfswicklung mit gekreuzten Spulen bewirkt gleiche Lastverteilung bei Parallelbetrieb.

Die Regelung der Förderleistungen an Kohle und Luft geschieht ausschließlich durch Regelung der Motordrehzahlen. Andere Regelmöglichkeiten, z. B. Verstellung von Rauchgasklappen oder Einschalten von Drehzahl-Wechselgetrieben an den Förderschnecken, sind nicht vorgesehen, obwohl der Regelbereich 24 ... 120 t/h umfaßt.

Die Ventilatormotoren für Sekundärluft und Saugzug eines Kessels werden aus einer gemeinsamen Zusatzmaschine gespeist, die eine regelbare Spannung zwischen 65 und 375 V abgeben kann. Mit gleichbleibender Spannung gespeist wird nur der Motor des Primärluft-Ventilators, dessen verhältnismäßig geringer Regelbereich durch Feldregelung beherrscht werden kann. Die drei Kohlenstaub-Fördermotoren hängen an einer zweiten Zusatzmaschine, die mit der ersten auf der gleichen Welle sitzt und eine Spannungsregelung in denselben Grenzen ermöglicht.

Abb. 3. Gesamtbild der Schalttafel.

Die Regelwiderstände in den Feldkreisen der Ventilator-Zusatzmaschine, der Kohlenstaub-Zusatzmaschine und des Primärluft-Ventilators sind zu einem Kesselregler zusammengefaßt, der in seiner Ausführung den bei Fahrzeugen üblichen Führerschaltern ähnelt (Abb. 1). Die Regelwiderstände für die Zusatzmaschinen sind als Doppelpotentiometer geschaltet, während der Regelwiderstand für den Primärluft-Ventilator in der üblichen Form als Vorschaltwiderstand ausgeführt ist. Angetrieben wird der Kesselregler durch einen ferngesteuerten Servomotor. Die beschriebene Anordnung, die in Abb. 2 schematisch dargestellt ist, wiederholt sich in ganz gleicher Form für alle 6 Kessel.

Um nun eine gemeinsame Regelung aller Kessel von einer Stelle aus zu ermöglichen, sind Hilfsammelschienen für die veränderliche Spannung vorgesehen. Durch Umschalter kann man die Zusatzmaschinen entweder auf die Sammelschienen oder unmittelbar auf die Motoren schalten. Werden die Zusatzmaschinen eines Kessels auf die Hilfsammelschienen gelegt, was durch eine Blockierung nur nach vorherigem Prüfen auf gleiche Spannung möglich ist, so wird dadurch gleichzeitig

auch die Einzel-Druckknopfsteuerung des Kesselreglers auf gemeinschaftliche Gesamtsteuerleitungen gelegt. Im allgemeinen fahren die jeweils im Betrieb befindlichen Kessel im Verband. Es genügt dann also die Betätigung der Druckknöpfe in den Gesamtsteuerleitungen, um bei Lastschwankungen gleichzeitig an allen Kesseln die Drehzahlen der Kohlenstaub-Förderschnecken und der Saugzug-, Primärluft- und Sekundärluft-Ventilatoren um den richtigen Betrag zu ändern. Dabei bleibt stets das einmal festgelegte Verhältnis zwischen den einzelnen Meßgrößen erhalten. Kehrt nach beliebigen Lastschwankungen der ursprüngliche Belastungszustand wieder, so stehen auch alle Regelgeräte wieder in der ursprünglichen Stellung.

Die beschriebene Anordnung wird durch eine Reihe von Hilfseinrichtungen ergänzt. Das Anlassen eines Kessels erfolgt vollselbsttätig durch eine besondere Relaissteuerung. Eine andere Hilfschaltung sorgt dafür, daß bei Laständerungen der Saugzugmotor einen gewissen Vorsprung erhält. Damit entgeht man der Gefahr, daß während der Beschleunigungszeit der Ventilatoren in der Brennkammer Überdruck auftritt. Weiterhin fließen in den Steuerleitungen nicht Dauerströme, sondern von einem besonderen Impulsgeber erzeugte Stromstöße. Jeder Kesselregler hat 60 Stellungen, und ein vom Impulsgeber kommender Stromstoß schaltet den Kesselregler jeweils um einen Schritt vor oder zurück. Die Stromstöße folgen einander in solchen Abständen, daß der Kesselregler inzwischen seine Bewegung beendet hat. Durch besondere Kontrollrelais wird das exakte Weiterschreiten der Steuerung überwacht.

Endlich sind in den Feldkreisen der einzelnen Motoren besondere Widerstände vorgesehen, mit denen man an den Drehzahlen noch Korrekturen anbringen kann. Diese Korrekturen werden zunächst erforderlich durch den wechselnden Bauzustand des Kessels, Verschmutzung der Rohre usw. Wichtiger sind diese Korrekturen aber bei der Berücksichtigung verschiedener Brennstoffgüte. Hierbei erweist sich die Aufstellung von zwei elektrisch getrennten Zusatzmaschinen — eine für Luft, eine für Kohle — als besonders vorteilhaft, da jeder beliebige Luftüberschuß, überhaupt jedes beliebige Verhältnis zwischen Kohle und Luft leicht eingestellt und exakt beibehalten werden kann. Zu diesem Zweck dienen außer den erwähnten Widerständen in den Feldkreisen der einzelnen Motoren noch getrennt einstellbare Hilfswiderstände in den Feldkreisen der Zusatzmaschinen und eine für sich regelbare Hilfserregerwicklung an der Zusatzmaschine für die Kohlenstaubförderung.

a Dampfdruck
b Speisewassermenge
c Dampfmenge
d Sekundärluftmenge
e Druck in der Brennkammer
f Spannung an der Zusatzmaschine „Kohle"
g Sekundärluftmenge
h Flammenlänge
i Spannung an der Zusatzmaschine „Luft"
k Prozent CO_2
l Prozent $CO + H_2$
m Dampfmengenschreiber
n Mehrfarbschreiber für Prozent CO_2, Prozent $CO + H_2$ und Abgastemperatur
o Wasserstand-Fernzeiger
p Speisewasserzähler
q Dampfzähler
1 Druckknopf „mehr Last"
2 Druckknopf „weniger Last"
3 Zusatzwiderstand zum Regeln der Primärluft
4 Zusatzwiderstand zum Regeln der Sekundärluft
5 Zusatzwiderstand zum Regeln der Kohlenstaubmenge
6 Zusatzwiderstand zum Regeln des Saugzugs
7 Druckknopf „Halt"

Abb. 4. Schematische Darstellung der 3 Regelfelder.

Alle Anlaß-, Meß- und Regelgeräte sind in einer halbkreisförmigen Schaltanlage vereinigt, die in Abb. 3 dargestellt ist. Alle Schalter sind offen aufgebaut und die Geräte in 3 Reihen angeordnet. Zu jedem Kessel gehören 2 Anlaß- und 3 Regelfelder. Die 3 Regelfelder sind in Abb. 4 noch einmal schematisch dargestellt. Die gesamte Meßanlage wurde von Hartmann & Braun AG., Frankfurt a. Main, geliefert.

Abschreibungen und Rücklagen bei Neuanschaffungen in der Elektrizitätsindustrie.

Von Rechtsanwalt **Bernhard Blau**, Berlin.

Übersicht. Da technische Überholungen in der Elektrizitätsindustrie eine große Rolle spielen, ist es für diese von Bedeutung, daß der Reichsfinanzhof im Hinblick auf erforderlich werdende Anschaffungen neuer Maschinen erhöhte Abschreibungen auf die alten zuläßt. Sie können schon von dem Zeitpunkt an vorgenommen werden, in dem der Unternehmer mit der Neuanschaffung rechnet, wenn sie auch erst in späteren Jahren erfolgt. Von prinzipieller Bedeutung ist es hierbei, daß, wenn die abgeschriebenen Beträge infolge veränderter Umstände nicht zu Neuanschaffungen verwendet werden, die hieraus gebildete Rücklage — im Gegensatz zu den sonstigen Rücklagen — als aus steuerfreien Abschreibungen herrührend steuerfrei ist.

Bei den technischen Fortschritten in der Elektrizitätsindustrie spielt die Frage der Stillegung alter und der Anschaffung neuer Maschinen eine besondere Rolle. Das Aufkommen technisch hochwertigerer Maschinen hat zwar nicht notwendig die völlige Entwertung der alten zur Folge, hingegen eine Erhöhung der Rentabilität, zu deren Erreichung es allerdings auch erhöhter Aufwendungen bedurfte. Wird der Betrieb aus Gründen der Rationalisierung oder wegen Einführung neuer Fabrikationszweige umgestellt und müssen die alten Maschinen ausgesondert werden, so wird für sie nur ein verhältnismäßig geringer Erlös zu erzielen sein. Diesem betriebswirtschaftlich außerordentlich wichtigen Moment trägt der Reichsfinanzhof in einem seiner neuesten Urteile (Urteil 342 VI A 161. 31, Steuer und Wirtschaft Mai 1931, S. 583 ff.) in weitgehendem Maße bei der Frage der zulässigen Abschreibungen Rechnung und berührt hierbei auch die grundlegende Frage, ob Abschreibungen, die mittelbar zur Rücklagenbildung führen können — im Gegensatz zu den sonstigen Rücklagen —, überhaupt steuerlich erfaßt werden können.

Die Behandlung der Abschreibungen auf alte Maschinen im Hinblick auf die Anschaffung neuer ist wegen der für die Neuanschaffung erforderlichen hohen Aufwendungen von großer finanzieller Tragweite für die Elektrizitätsindustrie. Es ist daher bedeutungsvoll, daß der Reichsfinanzhof erhöhte Abschreibungen im Hinblick auf erforderlich werdende Neuanschaffungen nicht erst dann zuläßt, wenn die in Betracht kommenden Maschinen schon ausgeschaltet sind oder gar eine tatsächliche Umstellung des Betriebes vollzogen ist, sondern schon in demjenigen Moment, in dem der Unternehmer „wenn auch nicht sofort, so doch nach einigen Jahren und vor dem Ende der technischen Lebensdauer der Maschinen infolge der inzwischen zu erwartenden oder schon eingetretenen technischen Neuerungen oder Veränderung der Wirtschaftslage zur Anschaffung neuer Maschinen oder zur völligen Umstellung des Betriebes auf andersartige Erzeugnisse, zu deren Herstellung andere Maschinen erforderlich sind, wird schreiten müssen". Es handelt sich also bei Abschreibungen, die im Hinblick auf Neuanschaffungen erhöhte Abnutzungsquoten erforderlich machen, um eine vorsorgliche Maßnahme für die Zukunft im Hinblick auf den Wettbewerb, damit der Unternehmer, wie der Reichsfinanzhof sagt, „nicht hinter den Wettbewerbern zurücktreten will".

Für die Bemessung der Abnutzungsquoten ist es nun wiederum von größter Bedeutung, daß nach einem der

neuesten Urteile des Reichsfinanzhofs (Urteil 288 VI A 1119/30, Steuer und Wirtschaft, 10. Jahrgang, Nr. 4) etwa in früheren Jahren von dem Unternehmer unterlassene Abschreibungen noch in späteren Jahren nachgeholt werden können. Hierdurch wird die schon an sich im Hinblick auf Neuanschaffungen oder Betriebsumstellungen gestattete Erhöhung der Abschreibungssätze erweitert. Diese Entscheidung ist insbesondere für den Fall erheblich, daß im Hinblick auf neu angeschaffte Maschinen die alten veräußert werden. Der Reichsfinanzhof hat nämlich die Nachholung unterlassener Abschreibungen dem Unternehmer in einem Fall gestattet, in dem er von dem Erlös eines von ihm verkauften Betriebsgegenstandes eine erhebliche Absetzung bei der Gewinnbesteuerung deshalb verlangte, weil er in der Vergangenheit nicht ausreichende Abschreibungen auf den Gegenstand gemacht hatte. Der Reichsfinanzhof hat selbst in diesem Fall, wo der Gegenstand, auf den die Abschreibungen zu erfolgen hatten, bereits aus dem Betrieb ausgeschieden war, die Nachholung der unterlassenen Abschreibungen in der Weise gestattet, daß der Unternehmer nunmehr von dem Erlös des verkauften Gegenstandes den Betrag der unterlassenen Abschreibungen für die Gewinnbesteuerung abziehen durfte. Wenn also in der Elektrizitätsindustrie in Fällen, wo Neuanschaffungen von Maschinen erforderlich wurden, erhöhte Abschreibungen bisher noch nicht vorgenommen sein sollten, können sie noch nachgeholt werden unter Berücksichtigung der dargestellten Grundsätze der Rechtsprechung des Reichsfinanzhofs, und zwar auch dann, wenn die alten Maschinen bereits veräußert sein sollten. Die Nachholung unterlassener Abschreibungen ist für die Elektrizitätsindustrie auch deshalb von so großer Bedeutung, weil die Betriebe hierdurch in die Lage versetzt werden, etwaige Abschreibungen, die ihnen von den Finanzbehörden nicht bewilligt wurden, auf Grund der jeweils neuesten Entscheidungen des Reichsfinanzhofs nachzuholen. Für den Umfang der Abschreibungssätze ist es auch von Bedeutung, daß sie nach der Rechtsprechung des Reichsfinanzhofs durchaus keine konstante Größe darstellen, sondern je nach der Betriebswirtschaft des Unternehmens einem Wechsel unterworfen sind. Eine Maschine im Wert von 100 000 RM, die fünf Jahre lang einen jährlichen Ertrag von 10 000 RM abwirft, sich aber später nur noch fünf Jahre lang aushilfsweise mit einem jährlichen Nutzen von 1000 RM verwenden läßt, kann in der Weise abgeschrieben werden, daß in den ersten fünf Jahren, in denen die Maschine 90 % ihres wirtschaftlichen Nutzungswertes verloren hat, je 18 % und in den letzten fünf Jahren je 2 % abgeschrieben werden. (Vgl. Urteil des Reichsfinanzhofs Nr. 601, Steuer und Wirtschaft 1930.)

Auch die Einführung wechselnder Abschreibungssätze ist bei Abschreibungen, die im Hinblick auf Neuanschaffungen oder Betriebsumstellungen erforderlich werden, von finanzieller Bedeutung. Wie erwähnt, faßt der Reichsfinanzhof in betriebswirtschaftlich richtiger Erkenntnis von dem Wesen der Abschreibung diese als eine Vorsorgemaßnahme für die Zukunft auf.

Es ist nach der Entscheidung des Reichsfinanzhofs gleichgültig, zu welchem Zweck der Steuerpflichtige den abgeschriebenen Betrag verwendet oder zu verwenden beabsichtigt. Die Absetzung ist vielmehr auch dann nicht ausgeschlossen, „wenn die Möglichkeit besteht, daß der Steuerpflichtige ein Ersatzstück auch nach Ablauf des vorgesehenen Zeitraumes für die wirtschaftlich nutzbringende Verwendung nicht anschaffen will oder kann, sofern nur im Zeitpunkt der Anschaffung oder der Bewertung angenommen werden kann, daß die Maschine nach Ablauf der vorgesehenen Zeit dem Betrieb keinen Nutzen mehr leisten wird, daher nach Lage der Sache davon ausgegangen werden kann, der Kaufmann werde die Maschinen alsdann auch tatsächlich ersetzen müssen". Es kann demnach die Höhe der Abschreibung auch nicht etwa nachträglich mit der Feststellung bemängelt werden, daß der Unternehmer infolge inzwischen eingetretener widriger Umstände von einer Neuanschaffung absehen mußte, obwohl die Maschinen nachweisbar nicht mehr wirtschaftlich arbeiten.

In diesem Zusammenhange nimmt der Reichsfinanzhof, wohl zum ersten Male in dieser ausgesprochenen Form, zu der Frage Stellung, ob sich in diesem Fall des Nichtverbrauchs der Abschreibungsbeträge für neue Maschinen eine steuerfreie Rücklage bilden kann. Der Reichsfinanzhof bejaht diese Frage, die gerade für die Elektrizitätsindustrie, bei der die Rücklagenbildung schon im Hinblick auf den Heimfall der Konzessionsbetriebe eine so große Rolle spielt, bedeutungsvoll ist. Der Reichsfinanzhof erkennt an, daß bei nicht verwendeten Abschreibungsbeträgen „im Endergebnis mittelbar die Möglichkeit zur Ansammlung einer gewissen Erneuerungsrücklage geboten wird, und daß, solange die Abschreibung berechtigt ist, die Tatsache des Entstehens einer solchen Rücklage keine steuerliche Bedeutung hat". Diese Nichtbesteuerung einer aus Abschreibungsbeträgen angesammelten Kapitalanlage ist namentlich in Wirtschaftszeiten, in denen nicht auf lange Sicht disponiert werden kann, besonders wichtig. Wenn also ein Betrieb in der Elektrizitätsindustrie im Hinblick auf in der Zukunft beabsichtigte Neuanschaffungen von Maschinen oder Betriebsumstellungen erhöhte Abschreibungen auf die alten Maschinen vorgenommen oder später nachgeholt hat, so kann er, wenn er aus irgendwelchen Umständen, die er nicht voraussehen konnte, die Neuanschaffung oder die Betriebsumstellung später unterläßt, nicht wegen dieser Rücklagenbildung zur Steuer herangezogen werden. Diese Tatsache gewinnt erhöhte Bedeutung im Hinblick auf die nach der zweiten Notverordnung des Reichspräsidenten „zur Sicherung von Wirtschaft und Finanzen" vom 5. VI. 1931 gewährte steuerliche Begünstigung der Rücklagen für das Gebiet der Einkommensteuer. Für die dem Körperschaftsteuergesetz unterliegenden Elektrizitätsbetriebe, also Aktiengesellschaften, Kommanditgesellschaften auf Aktien und Gesellschaften m. b. H., betrug die Besteuerung der Rücklagen bisher ohnehin nur 20 %, während sie bei den dem Einkommensteuergesetz unterliegenden Betrieben, also Einzelfirmen, offenen Handelsgesellschaften und einfachen Kommanditgesellschaften, bis zu 40 % möglich war. Durch die Notverordnung ist jetzt insofern eine Gleichstellung zwischen den dem Einkommensteuergesetz und den dem Körperschaftsteuergesetz unterliegenden Betrieben der Elektrizitätsindustrie erfolgt, als die Besteuerung der Rücklagen bei jenen ebenfalls mit 20 % bemessen wird. Allerdings darf die steuerlich begünstigte Rücklage nicht mehr als 25 % des Jahresgewinnes betragen, und die Gesamtrücklagen dürfen in einem Jahre 40 % des Betriebsvermögens nicht übersteigen. Wichtig ist aber vor allem das in der Notverordnung ausgesprochene Prinzip, nach dem „steuerlich begünstigte Rücklagen gebildet werden können". Dieses Prinzip muß natürlich ausgebaut werden, damit ein wirkliches „Werkerhaltungskonto" für die Ersatzbeschaffung in der Elektrizitätsindustrie entstehen kann. Insofern ist die steuerliche Begünstigung der Rücklagenbildung für das Gebiet der Einkommensteuer auch von grundsätzlicher Bedeutung für die weitere Ausbildung steuerlich begünstigter Rücklagen für die dem Körperschaftssteuergesetz unterliegenden Elektrizitätsbetriebe. Neben dieser Rücklagenbildung sind in der Elektrizitätsindustrie Abschreibungen auf die Gegenstände des Anlagekapitals zulässig, u. zw. auch in solchen Fällen, wo erhöhte Abschreibungen wegen Neuanschaffung von Maschinen oder Umstellungen von Betrieben vorgenommen wurden. Die Zulässigkeit ergibt sich daraus, daß die Abschreibung ihrem Wesen nach den Anschaffungspreis der Gegenstände des Anlagekapitals auf ihre wirtschaftliche Nutzungsdauer verteilen soll, während die Rücklagenbildung der Ansammlung produktiven Kapitals dient. Daß sich bei Nichtverwendung der Abschreibungsbeträge zu Neuanschaffungen steuerfreie Rücklagen im Einzelfalle bilden können, ist unerheblich. Es können sogar in solchen Fällen neben der aus den Abschreibungsbeträgen etwa gebildeten steuerfreien Rücklage noch die nach dem Einkommen- oder Körperschaftsteuergesetz mit 20 % besteuerten Rücklagen bestehen. Jedenfalls bilden die steuerlich begünstigten Abschreibungen und Rücklagen ein wichtiges Mittel für die Substanzerhaltung in der Elektrizitätsindustrie.

RUNDSCHAU.

Leitungen.

Das SO-Kabel. — Die Vorzüge des nach Sonnenfeld benannten SO-Kabels liegen in seinen mechanischen und thermischen Eigenschaften, welche diejenigen der bisher üblichen Mehrleiterkabel mit kreisrundem Gesamtquerschnitt nicht unwesentlich übertreffen. Abb. 1 zeigt den SO-Kabeltyp, bei dem also die Kreisform des Bleimantel-Querschnittes verlassen ist; die äußeren Beilaufzwickel sind so klein wie möglich gehalten, der Mantelumfang hat das Mindestmaß. Demzufolge ist das Bleigewicht je Längeneinheit erheblich geringer als beim Rundkabel, u. zw. bis zu 14 % und bei bewehrten Kabeln bis zu 13 %. Dieser Vorzug kann auch dahin ausgenutzt werden, daß man bei gleichem Gewicht je Kabellänge beim SO-Kabel jede achte Muffe sparen kann. Das Biegewiderstandsmoment um die Achse ist beim neuen Kabel geringer; praktische Biegeversuche haben die weit größere Biegsamkeit des SO-Kabels gegenüber dem Kabel mit Kreisquerschnitt bestätigt und auch gezeigt, daß bei ihm der Arbeitsaufwand beim Umrollen von einer Trommel auf eine andere geringer ist als bei den Rundkabeln gleicher Art.

Abb. 1 zeigt die Ausführung als H-Kabel, obwohl das SO-Prinzip auch bei Kabeln mit Gürtelisolation anwendbar ist. Ohne weiteres ist klar, daß bei H-Kabeln des neuen Typs die elektrischen Eigenschaften (Festigkeit, dielektrische Verluste) dieselben sind wie beim gewöhnlichen Mehrfachkabel, denn die andere Querschnittsform des Mantels vermag an der Feldverteilung innerhalb der Adermetallisierung nichts zu ändern. Die Verlustkurven und Lebensdauerkurven der beiden Kabelarten unterscheiden sich dann auch nicht voneinander. Hinsichtlich der magnetischen Eigenschaften der neuen Kabel ergaben Messungen, daß die Verluste im Bleimantel praktisch dieselben sind wie im Kabel alter Bauart.

Abb. 1. SO-Kabel (Ausführung als H-Kabel mit Adermetallisierung).

Aus dem geringeren thermischen Widerstand der neuen Kabelbauart folgt eine höhere Strombelastbarkeit. Messungen an einem besonders für diese Zwecke hergestellten Kabelmodell lieferten um 10 ... 50 % geringere Werte des inneren thermischen Widerstandes als bei einem entsprechenden Kabel alter Bauweise. Die Strombelastbarkeit läßt sich auf Grund theoretischer und praktischer Ermittlungen um etwa 5 % steigern gegenüber derjenigen von Kabeln alter Bauart; diese Zahl ändert sich kaum mit dem Leiterquerschnitt und der Höhe der Spannung. (K. Konstantinowsky, El. u. Maschinenb. Bd. 47, S. 778.) *Eg.*

Apparate.

Geschwindigkeitsregler für Elektromotoren kleiner Leistung. — Der Antrieb rotierender Richtsender verlangt eine konstante mittlere Drehzahl des antreibenden Elektromotors. N. F. S. Hecht beschreibt eine zu diesem Zweck entwickelte Regelvorrichtung, mit der ein Gleichstrommotor von 0,25 PS und 2000 U/min so beeinflußt werden kann, daß die Winkelabweichung des mit 1 U/min laufenden Richtsenders höchstens ⅕ ° beträgt (Abb. 2). Zwei auf die Motorwelle aufgebrachte Duraluminiumflügel bewegen sich unter der Einwirkung der Fliehkraft in einem vom Motorstrom erzeugten Magnetfelde und liefern als Wirbelstrombremse ein zusätzliches Belastungsmoment. Die Wirkung wird durch Vorschaltwiderstände zum Motor erhöht, indem der größere Motorstrom einen größeren Spannungsabfall hervorruft und somit die Klemmenspannung und Drehzahl des Motors verkleinert. Die Stellung des Richtsenders wird alle Sekunden durch eine Uhr kontrolliert. Ist der Richtsender um einen Winkel von ⅕ ° zurückgeblieben, schließt ein Relais die Spulen der Bremsmagnete kurz und öffnet erst wieder, wenn die Voreilung des Senders den Betrag von ⅕ ° erreicht hat. Auf diese Weise kann selbst bei Spannungsschwankungen des speisenden Netzes zwischen 165 und 250 V die Winkelabweichung in den Grenzen von ± ⅕ ° gehalten werden. (N. F. S. Hecht, J. Inst. El. Engs. London Bd. 69, S. 83.) *Zrn.*

Abb. 2.

Meßgeräte und Meßverfahren.

Messung von Überspannungen mittels Staffelfunkenstrecke. — Überspannungsmessungen wurden bisher in der Mehrzahl der Fälle entweder mittels des Klydnographen oder Kathodenstrahl-Oszillographen vorgenommen. Wesentliche Vorteile des ersteren sind Einfachheit in Bedienung und Konstruktion sowie ständige Betriebsbereitschaft; als Nachteil wären seine Ungenauigkeit und die Tatsache zu nennen, daß zur Ermittlung der aufgezeichneten Werte die photographischen Platten bzw. Filme immer erst entwickelt und ausgewertet werden müssen. Zu genaueren Untersuchungen hat man deshalb in letzter Zeit den Kathodenstrahl-Oszillographen verwendet, der

a b

Abb. 3. Staffelfunkenstrecke (a) und Zeitschreiber (b).

jedoch trotz seiner vorzüglichen Eigenschaften leider auch heute noch hinsichtlich seiner allgemeinen Verwendbarkeit in der Praxis eine mehr oder weniger komplizierte Apparatur darstellt. In allerneuester Zeit ist nun in dem Institut für Elektromaschinenbau und elektrische Anlagen der T. H. Dresden eine besonders für die Verwendung in der Praxis geeignete Überspannungsmeßeinrichtung entwickelt worden. Es wurde hierbei angestrebt, die oben angeführten Vorteile der zwei Apparate nach Möglichkeit unter Vermeidung der Nachteile derselben zu erhalten. Diese Meßeinrichtung verwendet als wesentlichen Bestandteil die sog. Staffelfunkenstrecke. Bekanntlich war es wegen der erforderlichen Einstellung der Grenz-Schlagweite der Kugelfunkenstrecke bislang nicht möglich, diese zu Messungen von einmalig oder unregelmäßig sich wiederholenden Überspannungserscheinungen heranzuziehen. Dies ist jedoch nunmehr gelungen, indem auf eigenartige Weise mehrere, auf verschiedene Schlagweiten eingestellte Funkenstrecken derart parallel geschaltet sind, daß ein Zusammenbruch der zu messenden Spannung beim Ansprechen der Funkenstrecke mit geringster Schlagweite

keineswegs eintritt. Diese Meßeinrichtung kann, wie Versuche ergeben haben, auch zum Messen von schnellstveränderlichen Vorgängen Verwendung finden (Vorgänge bis zu $5 \cdot 10^{-8}$ s ergeben noch einwandfreie Meßangaben). Die Eigenkapazität und Außenmaße dieser Meßeinrichtung sind äußerst gering (etwa 50 cm Kapazität, Außenmaße rd. 150 · 70 · 100 mm). Normalerweise wird sie für einen Spannungsbereich von 5 ... 25 kV ausgeführt; für höhere Spannungen wird in bekannter Weise ein Spannungsteiler vorgeschaltet.

Ferner ist die Staffelfunkenstrecke in Verbindung mit einer Registriervorrichtung gebracht worden, mit Hilfe deren das Ansprechen der einzelnen parallel geschalteten Funkenstreckenelemente registriert wird, so daß beispielsweise in einem handelsüblichen Zeitschreiber um so mehr Schreibstifte ansprechen als Funkenstrecken angesprochen haben, d. h. also, es markieren im Zeitschreiber um so mehr Schreibstifte einen Strich, je höher die aufgetretene Überspannung war. Man kann also das Schreibpapier des Zeitschreibers mit einer kV-Einteilung versehen und somit ohne weiteres die aufgetretenen Überspannungen bis zu schnellstveränderlichen Vorgängen im Zeitschreiber wie von einem normalen Registrierinstrument ablesen. Im übrigen bedarf die Meßeinrichtung wegen ihrer Einfachheit im Aufbau keiner besonderen Wartung oder Bedienung durch irgendwelches fachmännisches Personal. Die Anordnung hat bereits in mehrjährigem Betrieb ihre praktische Brauchbarkeit erwiesen. In Abb. 1 ist eine derartige Meßeinrichtung dargestellt. Der Apparatekasten mit der Staffelfunkenstrecke (Abb. 3 a) wird möglichst in der Nähe des Meßortes aufgestellt und der handelsübliche Zeitschreiber (Abb. 3 b) kann irgendwie beliebig weit vom Meßort untergebracht werden. (H. Heyne, Arch. El. Bd. 24, H. 4, S. 469.)

Beleuchtung.

Abgedichtete Industrieleuchten. — Abgedichtete Leuchtentypen gewinnen in rauhen und staubigen Betrieben, Brikettfabriken, Kokereien usw. mehr und mehr an Bedeutung. Da für viele solcher Räume eine Lichtausstrahlung nach den Seiten und oben unerwünscht ist, umgibt die Körting & Mathiesen AG., Leipzig-Leutzsch, neuerdings die abdichtende Leuchtenglocke mit einem Blechmantel und erzielt dadurch eine ausgesprochene Tiefstrahlerwirkung, gleichzeitig aber auch einen mechanischen Schutz der Glasglocke (Abb. 4).

Abb. 4. Abgedichteter Tiefstrahler.

a b

Abb. 5. Abgedichtetes Anleuchtgerät (750 ... 1500 W) mit Kupfergehäuse. Rechts: Lichtverteilungskurve.

Für industrielle Großanlagen wird neuerdings in größerem Umfange Flutlicht verwendet. Es hat sich gezeigt, daß auch hier nur abgedichtete Geräte auf die Dauer brauchbar sind. Unempfindlichkeit gegen Feuchtigkeit, Staub und Ruß und große Widerstandsfähigkeit gegen Schwefeldämpfe und Rauchgase sind Hauptbedingungen. Die Gehäuse solcher abgedichteten Industrie-Anleuchter werden deshalb von der genannten Firma aus Kupferblech hergestellt und, um unzulässige Erwärmung des Glassilberspiegels und der Glühlampe zu vermeiden, allseitig mit Kühlrippen versehen (Abb. 5 a). Ein schräg nach oben oder unten gerichteter Anschlußstutzen ermöglicht es, das Kabel im Zuge der Leitung ohne kurze Biegung einzuführen. Die Lichtverteilungskurve (Abb. 5 b) zeigt, daß die Ausstrahlung in einem kleinen Raumwinkel erfolgt. Um eine gewisse Streuung nach Richtungen senkrecht zur Hauptausstrahlungsrichtung zu erhalten, können diese Geräte auch nachträglich mit einem schnabelförmigen Vorsatzreflektor ausgerüstet werden (Abb. 6).

Abb. 6. Vorsatzreflektor, nachträglich anzubringen, sorgt für Lichtstrahlung senkrecht zur Haupt-Ausstrahlungsrichtung.

Auch explosionssichere Leuchten sind neuerdings in wesentlich verbesserter Form herausgebracht worden. Durch eine neue Befestigungsart der Glocke (Abb. 7) wird ein oberflächliches Anbringen der Glocke, wie das bei Schraubengewinde möglich ist, zwangsläufig verhindert. Zwei dicht umeinanderliegende, relativ große Zylinderflächen zwischen Gußgehäuse und Glockenträger machen das Durchschlagen einer Flamme unmöglich (Plattenschutzwirkung). Zur Befestigung der Leuchte dient ein am Kopf angebrachter Bügel, der zur Leitungseinführung in einem beliebigen Winkel verdreht werden kann. Die Leuchte läßt sich also auch ohne weiteres an Balken o. dgl. anschrauben, die nicht parallel oder rechtwinklig zur Leitung liegen. *E. We.*

Abb. 7. Neue explosionssichere Kandem-Leuchten mit und ohne Glockenschutz.

Heizung. Öfen.

Künstliche Atmosphäre in elektrischen Öfen. — Die für die Warmbehandlung von Stahl usw. verwendeten elektrischen Öfen besitzen gegenüber den auf andere Weise geheizten Öfen den Vorteil, daß man in ihnen eine wasserstoffreiche Atmosphäre verwirklichen kann, die das Wärmegut vor Oxydation schützt. Nun ist die Verwendung von Wasserstoff für diese Zwecke infolge seines hohen Preises mit erheblichen Unkosten verbunden, so daß die Verbreitung der Warmbehandlung im elektrischen Ofen in Gegenwart einer Wasserstoffatmosphäre aufgehalten wurde. Man hat nun 2 neue Verfahren für die billige Erzeugung von Wasserstoff entwickelt und ihre Brauchbarkeit an einer Reihe elektrischer Warmbehandlungsöfen bewiesen. Das eine Verfahren sieht die Zersetzung von Ammoniak in 75 % Wasserstoff und 25 % Stickstoff in Flaschen vor, in denen durch Erwärmung auf 840 ° C aus 45,5 kg Ammoniak 113 m³ dissoziiertes Gas erzeugt werden. Die benötigte Wärme je 280 m³ erzeugtes Gas beträgt rd. 25 kWh. Bei dem anderen Verfahren bezweckt man die Zerlegung von Methan aus dem Leuchtgas oder Koksofengas in Wasserstoff und Kohlenstoff mit und ohne Dampfeinführung. Der ursprüngliche Wasserstoffgehalt im Gas von 55 % kann auf die Weise auf 75 % ohne Dampfeinführung und auf 85 % mit Dampfeinführung erhöht werden, während der Methangehalt in beiden Fällen von 28 % auf 1 % vermindert und der Kohlenoxydgehalt von 7,4 % auf 20 % bzw. 10 % erhöht wird. Die Zersetzung des Methans erfolgt nach der Reaktion $CH_4 = 2 H_2 + C$. Für das neue durch Zersetzung des Methans erhaltene Gas wird die Bezeichnung „Elektrolene" in Vorschlag gebracht.

Zur Zersetzung von 280 m³ Leuchtgas sind bei Dampfeinführung rd. 80 kWh erforderlich, wobei 560 m³ Elektrolene erzeugt werden. Bei der Verwendung dieses Gases in elektrischen Warmbehandlungsöfen kann das Glühen von Stahlblechen ohne Glühkisten vorgenommen werden, dabei bildet sich auf der Blechoberfläche keine Zunderhaut. Dann können auch Bleche aufeinander gestapelt werden, wodurch man Ersparnisse an Zeit und Raum bewerkstelligt. Wenn es sich um hochgekohlte Stähle handelt, so ist dem Umstande Rechnung zu tragen, daß in der Wasserstoffatmosphäre eine Entkohlung des Stahles stattfinden kann. Um diesem Nachteil vorzubeugen, muß man den Methangehalt des Elektrolenegases dem Kohlenstoffgehalt des Stahles anpassen. Dies geschieht dadurch, daß man die Dissoziationstemperatur niedriger bemißt und im Elektrolenegas einen höheren Methangehalt erhält. Handelt es sich z. B. um einen Stahl mit 0,59 % Kohlenstoff, so genügt im Elektrolenegas ein Methangehalt von 2 %, um ein Gleichgewicht aufzustellen und zu verhindern, daß dem Stahl Kohlenstoff entzogen wird. Dieser Gehalt von 2 % Methan im Elektrolenegas wird dadurch erhalten, daß man nicht bei 1000 ° C, sondern bei 920 ° C dissoziiert. Man hat Stähle in elektrischen Öfen, in die eine so erzeugte Wasserstoffatmosphäre geleitet wurde, warmbehandelt und dabei Werkstoffe erhalten, die zunderfrei und vollkommen rein waren. (A. N. Otis, The Iron Age Bd. 126, S. 844.) *Kp.*

Hebezeuge und Massenförderungen.

Einphasen-Kommutatormotoren mit Bürstenregelung zum Antrieb von Laufkranen. — Wenn man für den Antrieb von Laufkranen anstatt der verwickelten Leonardschaltung Einphasen-Kommutatormotoren mit Bürstenregelung verwenden will, so ist bei feststehender Führerkabine die Übertragung auf die ortsveränderlichen Motoren für Hubwerk und Katzfahrt nicht ganz einfach. Ein Ausführungsbeispiel für diesen Fall zeigt Abb. 8, in welcher die BBC-Steuerung dargestellt ist. Parallel zur Katzfahrrichtung ist eine Flacheisenschiene verlegt, auf welcher ein von der Katze mitgenommener Rollenhebel läuft. Durch Bewegen des in der Kabine angebrachten Steuerhebels nach oben oder unten wird die Schiene samt Rollenhebel um einen gewissen Winkel gedreht, wodurch der Bürstenantrieb und der Statorschalter betätigt werden. Im Gegensatz zur früheren Ausführung der Firma mit Vierkantwelle, die zwei- bis dreimal um 360 ° gedreht wurde, beträgt jetzt der Drehwinkel der Schiene höchstens 36 °; es sind also nun keine Zahnradübersetzungen mehr notwendig und es werden nur spielfreie Zwischenorgane verwendet. Die Schienen, auf welchen die Rollenhebel für Hub- und Katzfahrtmotor laufen, sind an den Enden mit Kugellagern versehen und, um eine sichere Führung zu erzielen, in Abständen von etwa 4 m durch Rollenstützlager geführt, die so ausgebildet sind, daß sie das Vorbeifahren des Rollenhebels ohne weiteres gestatten. (BBC-Mitt., Baden, Bd. 18, S. 146.) *Ka.*

Abb. 8. Laufkran, angetrieben durch Einphasen-Kommutatormotoren mit Bürstenregelung.

Fernmeldetechnik.

Die Fernsprechkabelanlage zur Zugspitze. — Der Bau der Zugspitzbahn, die am 20. I. dieses Jahres vollendet wurde, machte die Auslegung eines Fernsprechkabels für den Eisenbahnbetrieb und den Fernsprechverkehr längs der Bahnstrecke von Garmisch bis zum Zugspitzgipfel erforderlich. Die Kabelanlage, die mit 54paarigem Kabel in Garmisch beginnt und in einem 5paarigen Kabel auf der Zugspitze endigt, ist trotz ihrer verhältnismäßig geringen Länge von rd. 21 km bemerkenswert durch die außergewöhnlichen Vorkehrungen, die zum Schutz gegen mechanische Beschädigungen bei Arbeiten am Bahnkörper oder durch Naturereignisse (Lawinen, Steinschlag, Bergsturz), gegen Blitzschläge (durchschnittlich 37 Gewittertage im Jahr), gegen korrodierende Einflüsse (Betonhülle, Kalkwasser, Fremdströme) und Starkstromstörungen (Drehstrom-Speiseleitung von 8500 V und welliger Bahngleichstrom) getroffen werden mußten. Die mechanische Sicherung ist durch starke, z. T. doppelte Eisenbewehrung und in den Tunneln außerdem durch Kabelschutzeisen getroffen. Zum Schutz gegen Blitzschläge sind die Kabelhüllen nahe dem Anfang der Bahnstrecke und beim Schneefernerhaus, d. h. an Punkten niedrigen Potentials, mit der eine gute Erdung darstellenden Gleisanlage verbunden, dazwischen sind an 2 Stellen Funkenstrecken zwischen Kabelmantel und Schienen eingebaut. Auf der 900 m langen Gipfelstrecke vom Schneefernerhaus bis zum Gipfel, wo das Kabel unmittelbar auf den Felsen gelegt wird, dient als Blitzschutz ein parallel darüber im Abstand von 20 ... 30 cm ausgespanntes Blitzseil. Damit der Rückstrom der mit Gleichstrom von 1650 V betriebenen Bahn nicht in bedenklicher Stärke in das Kabel übergeht, muß das Kabel außerhalb der erwähnten beiden Verbindungsstellen so gut wie möglich gegen seine Umgebung isoliert werden. Zu dem Zweck sind die Kabelschutzeisen in den Tunneln an den Befestigungspunkten mit Teerpappe umwickelt und mit plastischer Binde befestigt, und die zur Führung benutzten Zementformsteine innen mit teerfreiem Asphaltlack bestrichen. Außerdem ist der Bleimantel mit 2 Lagen getränkten Papiers umhüllt, und die Kabelhüllen sind von den in der Erde liegenden Eisengehäusen der Pupinspulen isoliert. Da der Bahnstrom mit dem positiven Pol an den Schienen liegt, Strom also nur in der Richtung von den Schienen zum Kabel fließen kann, sind gefährliche Korrosionsströme nicht zu befürchten. Zum Schutz gegen die chemische Korrosion an den Stellen, wo kalkhaltige Bergwässer Abfluß durch die Zementformsteine finden können, sind diese mit bituminöser Masse ausgegossen.

Das Fernsprechkabel liegt im Störfeld sowohl der Drehstrom-Speiseleitung von 8500 V als auch des welligen Bahngleichstroms. Zur Abschirmung gegen die Induktionswirkungen dient eine besondere Bewehrung aus verbleitem Bandeisen von 0,5 mm Stärke. Die in den Kabeladern induzierten Längsspannungen werden durch Ringübertrager und Sicherungen unschädlich gemacht. Da im Falle eines vollständigen Bruchs der Gleisanlage das Kabel Hochspannung führen würde, sind die Trenn-Endverschlüsse durch Isoliermuffen von den Kabelhüllen abgetrennt und die Sicherungsgestelle auf Isolierrollen aufgestellt. Auch der innere Aufbau der Kabel weist eine Reihe von Besonderheiten auf. Der Blitzschutz hat bei den Gewittern des Sommers 1930 bereits die Probe bestanden. Bei dem inneren Aufbau des Kabels selbst sowie der zugehörigen Garniturteile mußte auch den außergewöhnlichen Verhältnissen der Anlage Rechnung getragen werden. Ebenso waren an die Durchführung der Verlegung und Montage besondere Anforderungen zu stellen. Diese Fragen behandelt eingehend G. Wuckel in AEG-Mitt. 1931, S. 281. (K. Berling, Europ. Fernspr. 1931, H. 23, S. 167.) *Bkm.*

Kristallsteuerung der Kurzwellensender. — Bekanntlich dienen die Schwingungen eines piëzoelektrischen Quarzes dazu, die Frequenz der Kurzwellensender konstant zu halten. Als technischer Übelstand erwies sich dabei vielfach die Mehrwelligkeit der Kristalle (Abb. 9). Als Ursache erkannten W. A. Marrison, F. R. Lack und H. Hund, daß zwei Schwingungen in Wechselwirkung treten: einerseits kann die Quarzplatte in der Dicke

schwingen, anderseits mit der gleichen Frequenz in einer Harmonischen der Längsschwingung. Durch ganz kleine Änderungen der Länge kann man daher nach A. Meißner oft erreichen, daß eine Platte vom Zustand der Mehrwelligkeit (Abb. 9 a) auf den Zustand der Einwelligkeit (Abb. 9 b) gebracht wird. Folgende Tafel veranschaulicht den Einfluß eines seitlichen Abschleifens:

Abb. 9. Resonanzkurve einer Quarzplatte bei *a* Mehrwelligkeit, *b* Einwelligkeit.

Länge	
24,9 mm	einwellig,
24,8 „	zweiwellig,
24,7 ... 24,25 „	schlechtes oder kein Schwingen,
24 „	einwellig, bester Bereich,
23,9 „	einwellig,
23,8 ... 23,6 „	schlechtes oder kein Schwingen.

(A. Meißner, Telefunken-Zg. Bd. 10, Nr. 53, S. 5.) *Br.*

Werkstatt und Baustoffe.

Herstellung und Eigenschaften von pulverisiertem, gepreßtem Permalloy für Magnetkerne. — Zunächst wird das Permalloy in Körnerform gebracht, worauf es sich z. B. in der Kugelmühle zu Pulver zermahlen läßt, dabei aber eine Härte annimmt, die zu einem Durchdringen der Isolationsschicht um die Teilchen führt, sobald der Preßdruck wirkt. Daher findet vor dem Isolieren ein Ausglühen statt; das Pulver sintert zusammen, läßt sich aber leicht abermals pulverisieren und sieht nun silberweiß aus. Die Teilchen sind von sehr verschiedener Größe. Da die Permalloykerne nach der Isolierung einem Glühprozeß unterzogen werden müssen, bot das Problem einer geeigneten Isolierung große Schwierigkeiten. Ein Verfahren, bei dem das Isoliermaterial teils als trocknes Pulver, teils in wässeriger Lösung zugesetzt wird, bewährte sich. Das Pressen in Stahlformen geht mit etwa 14 000 kg/cm² vor sich, die Permeabilität steigt bis zu einer gewissen Grenze fast linear mit dem Preßdruck an. Sie hängt auch vom Mischungsverhältnis des magnetischen und isolierenden Stoffes ab, das spezifische Gewicht liegt zwischen 7,8 und 8,3. Ein Blick auf Abb. 10 zeigt die große Überlegenheit des Permalloykerns hinsichtlich Anfangswert und Konstanz der Permeabilität bei wachsender Feldstärke über den Eisenpulverkern. Auch hinsichtlich der Toleranz für die Permeabilität von Kernen, die in der laufenden Fabrikation hergestellt werden, ist man besser dran als bei Eisenpulverkernen, denn letztere benötigen ± 30 %, die Permalloykerne nur ± 8 % Toleranz. Folgende Gegenüberstellung gibt die zu einem Vergleich der Verlustgrößen geeigneten Daten:

A. Permeabilität und Wirbelstromkoeffizient.

	Permalloy	Eisenpulverkern
Permeabilität μ	75	35
Wirbelstromkoeffizient γ	0,0021 . 10—⁶	0,0035 . 10—⁶
Produkt $\mu\gamma$	0,16 . 10—⁶	0,123 . 10—⁶

B. Hystereseverluste (erg/cm³ je Zyklus).

max. Induktion	Permalloy	Eisenpulverkern
1 Gauß	0,017 . 10—⁴	0,064 . 10—⁴
5 „	0,64 „	3,5 „
15 „	10,7 „	75,5 „
20 „	23,5 „	172 „

Trägt man diese Verlustwerte in einem nach Abszissen- und Ordinatenrichtung logarithmischen Koordinatensystem auf, so verlaufen die Kurven fast linear und parallel, woraus folgt, daß beide Materialien in jedem Punkt denselben Hystereseexponenten haben. Die Abweichung von der Geraden beweist die Nichtkonstanz dieses Exponenten selbst bei kleinen Induktionen. Für einen gegebenen Verlustwert kann also der Permalloykern viel höheren Feldstärken ausgesetzt werden. Am deutlichsten zeigt sich die Überlegenheit der Permalloykerne, wenn man den variablen Teil der Gleichung für den äquivalenten Verlustwiderstand in Abhängigkeit von der Feldstärke aufträgt. Mit μ_{mittel} multipliziert erhält man Gerade; diese Gerade steigt für den Eisenpulverkern wesentlich steiler an als für den Permalloykern; in der praktischen Anwendung ließen sich Volumenersparnisse von 70 ... 85 % erzielen. (W. J. Shackelton u. I. G. Barber, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 47, S. 437.) *Eg.*

Abb. 10. Vergleich der Permeabilität von Magnetkernen aus Permalloy und Eisenpulver.

Energiewirtschaft.

Aus der deutschen Elektrizitätswirtschaft[1]. — Der Gesamtanschlußwert des Bezirksverbandes Oberschwäbische Elektrizitätswerke (OEW), Biberach a. d. Riss, ist 1930 — weniger als im Vorjahr — von 152360 auf 160690 kW gestiegen, vorwiegend bei den Kleinabnehmern. Im Geschäftsbericht wird bemerkt, daß die Werbung sich speziell mit der Einführung der Elektroküche befaßt habe, weil auf diesem Gebiet bei dem Einheitspreis von 10 Pf/kWh mit besonderer Nachtstromvergünstigung eine erhebliche Umsatzsteigerung möglich sei. Die Maschinenleistung der eigenen Werke betrug am Ende des Jahres bei Wasserkraft 29 515, bei Wärmekraft 21 020, insgesamt also 50 535 kW (48 573 i. V.). Eigenerzeugung und Fremdstrombezug sind von 151,651 auf 141,719 Mill kWh, mithin um 6,5 %, die nutzbare Abgabe von 128 auf 119 Mill kWh zurückgegangen. In den Wasserkraftwerken wurden 112,86 Mill kWh (105,5 i. V.) oder rd. 79,7 %, in den Wärmekraftwerken 0,709 Mill kWh (13,7 i. V.) produziert, und daneben hat der Verband, hauptsächlich von der Vorarlberger Illwerke AG., Bregenz, 28,15 Mill kWh bezogen (32,4 i. V.). Bei den Großabnehmern ergab sich eine Absatzminderung von 87,6 auf 60,1 Mill kWh, bei den Kleinabnehmern eine Steigerung von 19,6 auf 20,6 Mill kWh; bei Überschußabnehmern hat der Verband 38,2 Mill kWh umgesetzt (20,7 i. V.). Mitte April 1930 wurde versuchsweise das Vermuntwerk der Vorarlberger Illwerke in Betrieb genommen[2] und die Parallelarbeit mit dem Netz des RWE hergestellt. Die Höchstlast betrug 45 500 kW (36 500 i. V.). An ihr waren die eigenen Wasserkräfte mit 30 700, die Vorarlberger Zulieferung mit 14 800 kW beteiligt. Nach dem Zusammenschluß mit dem Bezirksverband Heimbachkraftwerk ist dieser endgültig aufgelöst worden. Damit wurden außer den hohenzollerischen Kreisen und dem Gemeindeverband Ulmer Albgemeinden 19 württembergische Amtskörperschaften zu gemeinsamer Stromversorgung vereinigt. Von den insgesamt 160,3 Mill kWh Stromumsatz der zusammengeschlossenen Unternehmungen entfielen im Berichtsjahr auf das alte OEW-Gebiet 141,7, auf das alte HKW-Gebiet 12,7 und auf das Gebiet der Elektrizitätswerke der Argen AG., Wangen, 5,9 Mill kWh. Der bisherige 20prozentige Zuschlag bei Wahl der Monatsgrundgebühr statt der Jahresgrundgebühr kam in Fortfall; gegenüber der früheren Berechnungsweise nach reinem Kilowattstundentarif ist bei gleichem Stromumsatz eine Senkung der Einnahmen von rd. 15 % bei den Kleinabnehmern herbeigeführt worden. Für letztere enthält der Grundgebührentarif einen Arbeitspreis von 10 Pf/kWh und bietet außerdem eine weitere erhebliche Verbilligung bis zu 5 Pf/kWh für Nachtstromentnahme. Mit dem Städt. Elektrizitätswerk Stuttgart, der Neckarwerke AG., Eßlingen, der Württ. Landes-Elektrizitäts-AG., Stuttgart, u. a. hat der Bezirksverband auf die Dauer von 5 Jahren die Übernahme von Überschußenergie aus den Wasserkraftanlagen und die Rücklieferung von Dampfkraftstrom an den Verband geregelt, den Ausbau weiterer Wasserkraftwerke aber zurückgestellt. Einnahmen aus Stromverkauf: 8 708 546 RM (9 308 054 i. V.), aus Sonstigem: 208 319 RM (229 794 i. V.), Vortrag: 59 664 RM (57 464 i. V.).

[1] Vgl. ETZ 1931, S. 1071.
[2] Die Einweihung und offizielle Inbetriebsetzung ist am 12. VIII. 1931 erfolgt.

Der nunmehr aufgelöste Bezirksverband Heimbachkraftwerk, Freudenstadt, verzeichnet für sein zehntes Geschäftsjahr (1930) eine Stromerzeugung in Bettenhausen und Glatten von zusammen 7,191 Mill kWh und mit dem Strombezug vom OEW, aus Laufenburg usw. ein Gesamtausbringen von 12,731 Mill kWh, wovon 12,275 Mill kWh in das Netz übergingen. Verkauft wurden bei einem Gesamtanschlußwert von 37 752 kW (35 856 i. V.) 9,964 Mill kWh, d. h. nahezu 92 % des vorjährigen Stromabsatzes. Bei den Kleinabnehmern ist der Verbrauch um 3,5 % gestiegen, bei den Großkonsumenten aber um 14 % zurückgegangen. Die Abnahme an Haushaltstrom weist eine Erhöhung um 12 % auf, für 1 kWh hat sich der Durchschnittspreis von 33,7 auf 31,89 Pf, also um 5,5 % gegen das Vorjahr verringert. Über 70 % der Kleinabnehmer beziehen die elektrische Arbeit nach dem Wohnungstarif. Erträgnisse aus Stromlieferung: 1 438 123 RM (426 287 i. V.), aus Sonstigem: 10 214 RM (1603 i. V.), Reinertrag: 77 883 RM (43 235 i. V.).

Das Elektrizitätswerk Riesa AG., Riesa, hat 1930 seinen Anschlußwert von 4062 auf 4379 kW und die nutzbare Stromabgabe von 1,646 auf 1,755 Mill kWh erhöhen können. Die Betriebseinnahmen sind trotzdem wegen Verminderung des durchschnittlichen Erlöses der verkauften Kilowattstunde zurückgegangen. Ebenso wurde das Installationsgeschäft durch die ungünstigen wirtschaftlichen Verhältnisse stark beeinträchtigt. Betriebseinnahmen einschl. Installationsgewinn: 456 983 RM (481 716 i. V.), Reingewinn: 53 656 RM (75 755 i. V.), Dividende: 5 % auf 1 Mill RM Aktienkapital (7 % i. V.).

Die Stromerzeugung der Grube Leopold AG., Bitterfeld, hat sich 1930 von 49,636 auf 39,501 Mill kWh oder um 20,4 % verringert. Zwecks Vergrößerung der Betriebssicherheit wurde das Kraftwerk in Holzweißig um eine 13 500 kW-Anzapfturbine erweitert.

Verkehr und Stromabsatz der Allgemeinen Lokalbahn- und Kraftwerke-AG., Berlin, sind im Lauf des Jahres 1930 in fortschreitend zunehmendem Maß gesunken, so daß gegen Ende der Berichtszeit sich fast überall eine Mindereinnahme gegen das Vorjahr ergab.

Der Innwerk Bayerische Aluminium-AG., München, war es 1930 möglich, die Stromerzeugung von 501,286 auf 535,288 Mill kWh zu heben, womit die bisher höchste Produktion des Jahres 1928 um 15,604 Mill kWh überschritten worden ist.

Die Nutzabgabe der Jenaer Elektricitätswerke AG. betrug 1930 9,167 Mill kWh (8,746 i. V.), wovon 8,502 Mill kWh auf Beleuchtung und Kraftlieferung entfielen. Außerdem erhielt die Firma Carl Zeiß in den Sommermonaten 1,473 Mill kWh Aushilfstrom (3,680 i. V.). Die Tarife für Licht und Kraft wurden in allen Gemeinden, in denen nunmehr langfristige Verträge laufen, weiter ermäßigt. Einnahmen aus Stromlieferung und Installationen: 2 503 765 RM (2 595 386 i. V).

Beim Elektrizitätswerk Schmölln der Elektricitätswerke-Betriebs-AG., Riesa, hat sich 1930 infolge des schlechten Geschäftsganges der Industrie die Stromabgabe von 1,519 auf 1,442 Mill kWh vermindert, während der Anschlußwert auf 3054 kW (3017 i. V.) gestiegen ist. Das Elektrizitätswerk Gößnitz konnte diesen von 1696 auf 1818 kW und die Lieferung von 1,041 auf 1,230 Mill kWh erhöhen. Einnahmen aus Betrieb: 467 289 RM (478 138 i. V.), aus Sonstigem und Zinsen: 118 016 RM (134 903 i. V.), Reingewinn: 130 655 RM (128 939 i. V.), Dividende: wieder 12 % auf 1 Mill RM Aktienkapital.

Wie der Berl. Börs.-Cour. berichtet, hat das Rheinisch-Westfälische Elektrizitätswerk das gesamte Leitungsnetz der Stadt Homberg am Rhein übernommen. Ferner ist von einer ao. GV. des Unternehmens die Erhöhung des Grundkapitals um nom. 3 Mill RM Namensaktien genehmigt worden.

Die 50prozentige Beteiligung der Rheinischen Elektrizitäts-AG., Mannheim, an der Überlandwerk Jagstkreis AG., Ellwangen (4 Mill RM AK.) ist vorbehaltlich der Genehmigung der Schuldaufnahme auf den Stromverband Jagstkreis übergegangen.

Einer Mitteilung der VDI-Nachr. zufolge hat sich die Stromgewinnung der Ruhrzechen von 1,594 Mrd kWh im Jahr 1926 auf 2,263 Mrd kWh in 1929 erhöht, wovon auf die Zechen im Oberbergamtsbezirk Dortmund 2,126 und auf die linksrheinischen Zechen 0,137 Mrd kWh entfielen. Außerdem wurden noch 0,193 Mrd kWh, d. h. rd. 8 % der Gesamtmenge, von fremden Anlagen bezogen. 1,884 Mrd kWh (rd. 77 %) benötigten die Zechen selbst, während 0,572 Mrd kWh an andere Verbraucher abgegeben worden sind.

Nach der Zweiten Weltkraftkonferenz, deren Teilnehmern u. a. die Preußische Elektrizitäts-AG., die Elektrowerke AG. und das Bayernwerk AG. beachtenswerte Denkschriften gewidmet hatten, ist uns eine Reihe weiterer für die Elektrizitätswirtschaft interessanter Veröffentlichungen dieser Art zugegangen, auf die wir, weil der verfügbare Raum eine eingehendere Besprechung leider nicht gestattet, unsere Leser kurz aufmerksam machen möchten: Da ist zunächst die vom Verband sächsischer Elektrizitätswerke, Dresden, zu seinem 25jährigen Bestehen (7. VII. 1905) herausgegebene Festschrift zu nennen, die, reich illustriert und von einer Karte der sächsischen Stromversorgungsgebiete begleitet, u. a. die Entwicklung der öffentlichen Elektrizitätswirtschaft in Sachsen schildert. Das Werk wird durch den sehr lesenswerten Bericht über die Jubiläums-Hauptversammlung des Verbandes ergänzt. — Sodann sei auf eine Schrift des Kommunalen Elektrizitätswerks Mark AG., Hagen, hingewiesen, die aus dem gleichen Anlaß (2. V. 1906) entstanden und die Grundlagen sowie den bisherigen Werdegang der Gesellschaft in Wort und Bild festzuhalten bestimmt ist. — Neuerdings haben die VEW eine zweite Ausgabe ihrer Monographie „Vereinigte Elektrizitätswerke Westfalen AG., Dortmund, Bochum, Münster, Arnsberg, veranstaltet und damit Gelegenheit gegeben, an Hand des sehr gut und mit zahlreichen vorzüglichen Abbildungen ausgestatteten Werks die neuen Leistungen des Unternehmens und den derzeitigen Stand der Versorgung seines Gebiets mit elektrischer Arbeit kennen zu lernen.

Kurze Auslandsnachrichten. — Norwegen. Anfangs Juni ist in Oslo unter der Firma Studieselskabet for Norsk Krafteksport AS. eine Studiengesellschaft gegründet worden, die die Möglichkeiten für eine Ausfuhr elektrischer Arbeit von Norwegen nach anderen Ländern in technischer, wirtschaftlicher, juristischer und finanzieller Beziehung erforschen soll[1]. Wie berichtet wird, sind an dem Unternehmen das dänische Arbeitsministerium, die Wasserfalldirektion in Schweden, die Elektrowerke AG., Siemens-Norsk AS., die Osloer Filialen der AEG und von Brown, Boveri & Cie., Felten & Guilleaume, die Heddernheimer Kupferwerke als Vertreterin der Ver. Deutschen Metallwerke, der Schweißrohrverband G. m. b. H., Mülheim a. d. Ruhr, die Kure Norsk Motor- und Dynamofabrik, eine Tochtergesellschaft der Asea, ferner die von Ericsson gegründete AS. Elektrisk Bureau, die AG. Ferrum, Kattowitz, sowie einige schwedische und norwegische Firmen beteiligt. Das Aktienkapital der Gesellschaft, die ihre Arbeit etwa bis 1934 abzuschließen gedenkt, beträgt 170 000 Kr.

[1] Vgl. ETZ 1931, S. 689.

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftsstelle, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Fachsitzung

für den Bau und Betrieb von Elektrizitätswerken
am 24. März 1931 in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg.

Vorsitz: Herr Obering. Wronkow.

Nach Eröffnung der Sitzung hält Herr Dr.-Ing. SCHULT einen interessanten, von großem Beifall begleiteten Vortrag[1] über das Thema: „Ausbildung der Eigenbedarfsanlage im Dampfkraftwerk (Dampfantrieb oder elektrischer Antrieb?). Hierzu macht Herr Direktor Dr. Münzinger folgende Ausführungen:

Herr Dr. SCHULT hat im Rahmen seines klaren Vortrages u. a. auch einen Vorschlag näher untersucht, über den ich vor 14 Tagen vor dem hiesigen Bezirksverein deutscher Ingenieure[2] berichtet habe, nämlich den besonders in USA wiederholt angewendeten sehr billigen, aber wärmewirtschaftlich ungünstigen Antrieb der größeren Hilfsmaschinen (Speise- und Kühlwasserpumpen, Unterwind- und Saugventilatoren) mittels Dampfturbinen durch Verwertung ihres Abdampfes zur stufenweisen Vor-

[1] ETZ 1931, S. 1109 u. 1140.
[2] Z. VDI 1931, S. 510.

wärmung des Speisewassers an Stelle des Dampfes aus besonderen Vorwärmturbinen oder aus den angezapften Hauptturbinen zu vervollkommnen. Da der innere Wirkungsgrad der Turbinen um so besser und die thermische Ausbeute des Verfahrens um so höher ist, je größer die Turbinen sind, sollten die Kessel tunlichst groß sein. Auch dieser Sonderfall zeigt also, wie vorteilhaft Kessel hoher Einzelleistung sind.

Manche Herren werden vielleicht fragen, ob nun die von Herrn Dr. SCHULT bei Übergang von elektromotorischem auf Dampfturbinenantrieb mit 3% der Baukosten eines Kraftwerkes errechnete Ersparnis besondere Beachtung verdient. Hierauf ist zu erwidern, daß mit Rücksicht auf die außerordentliche Vervollkommnung und Verfeinerung, die der neuzeitliche Kraftwerksbau erreicht hat, und da wir uns immer mehr dem auf Grund unserer heutigen Erkenntnisse erreichbaren Mindestbaukosten nähern, 3% Ersparnis als sehr groß bezeichnet werden müssen. Die Ersparnis wird übrigens noch größer, wenn der Dampfdruck 100 at statt nur 30 at beträgt, da dann der Eigenbedarf der Speisepumpe etwa dreimal höher ist.

Nun gelten die von Herrn Dr. SCHULT für den Eigenbedarf ermittelten Werte wohl hauptsächlich für Spitzenkraftwerke, d. h. Anlagen mit überlastbaren Kesseln. Wie ich aber vor etwa Jahresfrist nachgewiesen habe, kostet eine Kesselanlage derselben Gesamtleistung mit 180 t/h-Kesseln und hochbelasteten Rosten rd. 30% weniger als eine mit 40 t/h-Kesseln und Rosten mittlerer Belastung, wie sie in Deutschland noch überwiegen[3]. Unter diesen Verhältnissen erscheint es mir nicht sicher, ob es wirklich richtig ist, die Spitzenkraftwerke bei unseren kleinen Verhältnissen anders als die Grundlastwerke zu bauen, d. h. im selben Versorgungsystem billige, aber mit verhältnismäßig hohem Wärmeverbrauch arbeitende Werke, die nur die Spitzen decken sollen, neben möglichst wirtschaftlich arbeitenden, aber teueren Werken für die Grundlast aufzustellen. Insbesondere bei der heutigen Kapitalknappheit und dem hohen Zinsfuß könnte es infolge der durch sehr große Kessel erzielbaren Baukostenersparnisse wirtschaftlicher und auch sonst vorteilhafter sein, in sämtlichen Werken nur noch große, sehr überlastbare Kessel aufzustellen. Auch Kreise, die lange bestritten haben, daß die Betriebsicherheit sehr großer Kessel genügend groß sei, scheinen in der letzten Zeit ihre Ansicht zu ändern.

[3] Z. VDI 1930, S. 499.

Natürlich könnte man nach wie vor die zur Deckung der Spitzen bestimmten Werke tunlichst nahe dem Stromkonsum errichten, um teure Kabel möglichst zu vermeiden. Durch ein solches Vorgehen dürften vielleicht auch die Aussichten von Dampf sehr hoher Spannung günstiger werden, zumal eifrig daran gearbeitet wird, die Kessel und die Zwischenüberhitzung zu verbilligen.

Der Vortrag des Herrn Dr. SCHULT war auch insofern lehrreich, als er zeigte, welche Arbeit heute selbst für die Klärung anscheinend nebensächlicher Einzelheiten und welche große Organisation nötig ist, um die letzten technischen und wissenschaftlichen Fortschritte und Erkenntnisse nutzbar zu machen. Denn wer hätte z. B. noch vor wenigen Jahren daran gedacht, daß der simple Antrieb eines Ventilators so komplizierte und zeitraubende Berechnungen und Überlegungen erfordert.

(Beifall)

Elektrotechnischer Verein
Der Generalsekretär:
Dr. Schmidt.

SITZUNGSKALENDER.

Ostdeutscher Elektrotechn. Verein, Königsberg. 7. IX. 1931, abds. 8 h, I. Phys. Inst. der Universität, Steindamm 6: Vortrag Dr.-Ing. H. Müller, „Die Bekämpfung von Überspannungsschäden durch zweckmäßige Ausbildung der Isolation an Freileitungen und Hochspannungsanlagen".

LITERATUR.

Besprechungen.

Elektrizitätswirtschaft. Mitteilungen der Vereinigung der Elektrizitätswerke E. V. 1931, Nr. 8; Sonderheft anläßlich der Hauptversammlung in Frankfurt a. M.

Frankfurt a. M. wird einst, außer der Internationalen Ausstellung 1891 und der Übertragung Lauffen auch insofern ein Markstein der modernen Elektrizitätswirtschaft sein, als hier 1928 in der Siedlung Römerstadt erstmalig in Deutschland im großen das Problem der elektrischen Küche verwirklicht worden ist. Das anläßlich der Hauptversammlung der Vereinigung der Elektrizitätswerke in Frankfurt a. M. erschienene Heft der Zeitschrift „Elektrizitätswirtschaft" behandelt deshalb vornehmlich die Fragen der „Elektrischen Siedlung".

Zunächst berichtet Schmude über den Erfolg der elektrischen Siedlung Römerstadt (Wiedergabe eines Vortrags, gehalten anläßlich der Hauptversammlung der VEW 1931). Von größter Wichtigkeit sind hierbei folgende Feststellungen:

„Eine dreijährige Erfahrung hat die Annahmen der verantwortlichen Persönlichkeiten bei der Planung der Siedlung, daß die elektrische Küche technisch einwandfrei ist, bestätigt." Ferner:

„Zu über 70% wird die elektrische Küche heute voll ausgenutzt, nicht ganz 5% machen überhaupt keinen Gebrauch von ihr, die übrigen benutzen den Kohleherd mit."

Schmude faßt schließlich die Ergebnisse des dreijährigen Betriebes der Römerstadt wie folgt zusammen:

„a) Der von den Elektrizitätswerken erwartete Stromabsatz wirkt sich mengenmäßig und zeitlich in günstigster Weise aus.

b) Die elektrischen Herde und Heißwasserspeicher arbeiten technisch einwandfrei.

c) Bei den bestehenden Tarifen halten sich die Stromkosten in durchaus wirtschaftlich tragbaren Grenzen."

Nicht minder aufschlußreich ist ein Bericht über „Die elektrische Küche in der Bremer Siedlung an der Bismarckstraße" von Matthias und Junck. Auch hier hat sich in 189 Wohnungen die elektrische Küche (Zweiplattenherd mit Kochhaube und Temperaturregler nebst einem Bratofen) recht gut bewährt. Der mittlere Stromverbrauch ergibt sich zu 0,6 kWh je Kopf und Tag. Die Siedlung erforderte keinerlei Verstärkung des Niederspannungs- und Hochspannungsnetzes oder des Kraftwerks, bedeutet also eine sehr günstige Belastung für das Elektrizitätswerk. Laufer stellt in einem Aufsatz „kW und kWh in vollelektrischen Wohnungen" an Hand der Erfahrungen in der Siedlung Heimat in Berlin-Siemensstadt ebenfalls einen günstigen Einfluß auf die Netz- und Werksbelastung fest und teilt mit, daß in Berlin-Steglitz eine neue Siedlung mit 866 Wohnungen elektrische Herde erhält. „Gedanken über Stromtarife und Werbung" bringt H. F. Mueller, während Strecker über das Eltgas-Vertriebsystem für elektrische Herde und Wasserzier über „Grundlagen der mietweisen Abgabe von Heißwasserspeichern durch das Elektrizitätswerk" berichtet. Die Frage „Wie wird die Frage der Raumbeheizung der elektrischen Haushaltsküche am zweckmäßigsten gelöst?" beantwortet Jordan dahingehend, daß neben dem elektrischen Herd ein geeigneter, kohlebefeuerter Raumheizofen aufgestellt wird. Ottenstein behandelt den „Einfluß der Eigenschaften des Wassers auf den Bau von Heißwasserspeichern" und betont, daß heute fast ausschließlich für den Innenkessel verzinntes Kupferblech verwendet wird, das zweckmäßiger nicht gelötet, sondern genietet wird. Die Verzinnung erfolgt auf elektrolytischem Wege. Mörtzsch bringt ein neues „Vereinfachtes Annäherungsverfahren zur Bestimmung der Höchstlast beim elektrischen Kochen", was auch in solchen Fällen, in denen Herde verschiedenen Anschlußwertes aufgestellt werden, eine schnelle Bestimmung der Kochspitze bei verschiedener Größe der Abnehmergruppe gestattet.

Ein Bericht über „Die elektrische Küche auf der Deutschen Bau-Ausstellung, Berlin 1931" sowie eine Mitteilung über „Versuche mit Niederspannungsicherungen" beschließen das überaus inhaltsreiche Heft.

Mörtzsch.

Gesamtbericht Zweite Weltkraftkonferenz Berlin 1930. 20 Bände in 8°. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1930/31. Preis geb. 350 RM (VDI-Mitgl. 315 RM).

Mit dem vor kurzem erschienenen 20. Band (Index), der die Verteilung der Berichte auf die einzelnen Sektionen

unter Angabe des betreffenden Bandes und der Sektionen auf die Bände, ein Namen- und Sachwortverzeichnis sowie einige Berichtigungen enthält, liegt nunmehr das im Auftrag des Internationalen Hauptausschusses herausgegebene große Werk über die im Juni 1930 zu Berlin abgehaltene zweite Volltagung der Weltkraftkonferenz[1] abgeschlossen vor. Es umfaßt nach dem Vorwort des Vorsitzenden Dr. C. Köttgen und des Geschäftsführers C. Matschoss:

1. die 376 Konferenzberichte jeweils in der Originalsprache und jeweils am Schluß mit einer kurzen Zusammenfassung in einer der beiden anderen offiziellen Kongreßsprachen[2].

2. Die 34 Generalberichte, jeweils in allen drei offiziellen Kongreßsprachen (deutsch, englisch, französisch), die je eine Fachsitzung einleiteten. Jeder Generalbericht enthält

a) eine kurze Inhaltangabe jedes einzelnen in der betreffenden Fachsitzung zu diskutierenden Konferenzberichts, soweit diese rechtzeitig für die Generalberichterstattung eingegangen waren;
b) einen zusammenfassenden Überblick über die aus den Berichten erkennbar gewordenen „Entwicklungslinien";
c) die Diskussionsvorschläge für die betreffende Fachsitzung.

Die Generalberichte folgen jeweils den Berichten der betreffenden Sektion.

3. Zusammenfassende Diskussionsberichte über die insgesamt rd. 430 Diskussionsbeiträge in deutscher Sprache, mit einer Zusammenfassung des Diskussionsergebnisses in den drei offiziellen Kongreßsprachen. Die Diskussionsberichte befinden sich jeweils am Schluß der betreffenden Sektion.

4. Die 7 großen Hauptvorträge in den Sprachen, in denen sie gehalten wurden (Band XIX).

5. Das Gesamt-Stichwortverzeichnis (Index) in einem besonderen Band (Band XX).

Beweisen die in dieser Übersicht genannten Zahlen das außerordentliche Interesse der gesamten Fachwelt an der Berliner Volltagung, so zeugen sie auch von der gewaltigen Leistung der Berichterstatter, die es vor einem Jahr dem Teilnehmer an der Konferenz ermöglichte und heute dem Leser des Sammelwerks erlaubt, sich über die auf dem weiten Gebiet der Kraftwirtschaft, u. zw. besonders der Energieverteilung und -verwertung, erzielten Erfolge und noch zu bewältigenden Probleme zu unterrichten. Ein Eingehen auf den wissenschaftlich natürlich verschieden zu bewertenden Inhalt der einzelnen Bände, um deren mustergültige Vorbereitung und Drucklegung sich die Schriftleiter Dipl.-Ing. F. zur Nedden und Dr.-Ing. C. Th. Kromer großes Verdienst erworben haben, würde den Rahmen einer Besprechung sprengen[3]; der Fachmann wird das für ihn Wichtige inzwischen bereits gelesen haben, und weiteren Kreisen ist Gelegenheit geboten, ihre Sonderinteressen durch die Beschaffung von Einzelbänden zu befriedigen. Daß der Verlag sich zu einer starken Unterteilung in solche entschlossen hat, muß ebenso anerkannt werden wie die hohe Qualität des Drucks und der Ausstattung dieses Dokuments fruchtbringender internationaler Zusammenarbeit. F. Meißner.

Maschinenelemente. Leitfaden zur Berechnung und Konstruktion für Maschinenbauschulen und für die Praxis mittlerer Techniker. Von Prof. Dipl.-Ing. W. Tochtermann. 5., völlig neubearb. Aufl. der „Maschinenelemente" von Ing. H. Krause. Mit 511 Textabb., X u. 456 S. in gr. 8⁰. Verlag Julius Springer, Berlin 1930. Preis geh. 15 RM, geb. 16,50 RM.

Der Verfasser hat sich die Aufgabe gestellt, das umfangreiche Gebiet der Maschinenelemente in einer für den mittleren Techniker geeigneten Form und in einem handlichen Buch zu bringen. Diese Aufgabe kann im wesentlichen als gelöst angesehen werden. In seinem Aufbau lehnt sich das Buch an die Einteilung des klassischen Werks von Bach an. Zur Ausarbeitung sind offensichtlich die übrigen Standardwerke und das neuere Schrifttum in weitem Maße herangezogen worden, wenn auch bei einzelnen Kapiteln z. B. Wellen und Lagern eine weitere Modernisierung erwünscht gewesen wäre. — Bei dem gewaltigen Umfang, den dieses Gebiet infolge der Fortschritte der letzten Jahrzehnte angenommen hat, ist es natürlich schwer, alles Wissenswerte zu bringen; selbst die hervorragenden und umfangreichen Werke von Bach und Rötscher weisen erhebliche Lücken auf. Das Buch ist deshalb auch nur als Hilfsmittel zur Einführung in das Gebiet der Maschinenelemente für Studierende und für Schüler der technischen Lehranstalten und als bequemes und erschwingliches Nachschlagewerk für den Konstrukteur zu werten. Der Benutzer wird nicht ohne ergänzendes Schrifttum auskommen. Es wäre daher erwünscht gewesen, wenn über die allgemeinen Angaben hinaus noch weitere Hinweise an den entsprechenden Stellen angebracht worden wären. Die Tafeln konnten stattdessen ohne Schaden fortbleiben, da sie doch in der Regel in den überall vorhandenen Taschenbüchern und Normensammelwerken zur Verfügung stehen. Insbesondere die Normentafeln, die den Preis belasten, könnten durch Hinweise im Text ersetzt werden. Desgleichen hätten die an sich guten Kapitel über die Werkstoffe und die Herstellung von Zeichnungen fortbleiben können. Damit wäre für die allgemeinen Grundsätze der Gestaltung und die eigentlichen Maschinenelemente Raum gewonnen worden.

Im ganzen genommen ist das mit guten Abbildungen versehene und selbstverständlich gut ausgestattete Buch zweckentsprechend und auch über den vom Verfasser angegebenen Kreis hinaus ein bequemes Hilfsmittel.

E. vom Ende.

Höhere Mathematik für Mathematiker, Physiker und Ingenieure. Von Prof. Dr. R. Rothe. Teil 1: Differentialrechnung u. Grundformeln d. Integralrechnung nebst Anwendungen. 3. Aufl. (Teubners mathem. Leitfäden Bd. 21.) Mit 155 Fig. i. Text, VII u. 189 S. in 8⁰. Verlag B. G. Teubner, Leipzig u. Berlin 1930. Preis kart. 6 RM.

Analytische Geometrie. Von Prof. Dr. L. Bieberbach. (Teubners mathemat. Leitfäden Bd. 29.) Mit 39 Fig. i. Text. IV u. 120 S. in 8⁰. Verlag B. G. Teubner, Leipzig u. Berlin 1930. Preis kart. 6,60 RM.

Das mathematische Lehrbuch von R. Rothe, das aus den Vorlesungen des Verfassers hervorgegangen ist, wurde in dieser Zeitschrift bereits besprochen[1]. Von dem ersten Teil liegt jetzt die dritte Auflage vor. Der Inhalt des Werkes entspricht einem gut angelegten Lehrgange in der analytischen Mathematik an einer Technischen Hochschule, in den reichlich geometrische und kinematische Anwendungen und einige naheliegende Beispiele aus der Technik eingefügt sind. Wesentliche Änderungen sind in der Neuauflage nicht eingetreten.

Die Analytische Geometrie von L. Bieberbach bildet mit zwei weiteren Bänden Projektive Geometrie und Einleitung in die höhere Geometrie ein geschlossenes Ganzes. Das Werk will das auf der Schule Gelehrte zu einer methodischen Auffassung dieser mathematischen Gebiete weiterbilden, indem es zunächst von dem Vektorbegriff ausgeht, dann die Matrizen und Determinanten behandelt und die grundlegenden Transformationen, namentlich die Bewegungen und Affinitäten, in ihrem analytischen Charakter untersucht und schließlich die allgemeine Theorie der Kurven und Flächen zweiter Ordnung einleitend behandelt. Für den Techniker kommt das Buch namentlich als ein Mittel zur Vertiefung seiner mathematischen Einsichten in Betracht. Eine unmittelbare Beziehung zu den technischen Anwendungen hat es nicht, wohl aber spielen die erörterten mathematischen Beziehungen und Begriffe, die hier sozusagen nach ihrer algebraischen Bedeutung behandelt werden, auch bei physikalischen Untersuchungen, die den Elektrotechniker mit berühren, eine hervorragende Rolle. Der Hauptwert des Buches wird aber immer in der Schulung des mathematischen Denkens bestehen. Dafür ist es ganz vorzüglich geeignet. H. Timerding.

Eingegangene Doktordissertationen.

Martin Nier, Untersuchungen zur Frage des rationellen Anlernens von Straßenbahnführern. T. H. Berlin 1931. (Industrielle Psychotechnik, 8. Jahrg., H. 2 u. 3.)

KH. Matsujiro Oyama, Der Polaritätseffekt der elektrischen Überschlagsvorgänge im unhomogenen Feld. T. H. Braunschweig 1931.

Ernst Rademacher, Zur Kenntnis der elektrischen Leitfähigkeit von Steinsalz und Sylvin. T. H. Berlin 1930.

Otto Schliewiensky, Die Standardisierung industrieller Erzeugnisse. T. H. Berlin 1930.

Ulrich Schwedler, Über die Wirkungsweise eines Wirbelstrom-Schmelzofens für niederfrequenten Drehstrom. T. H. Berlin 1931.

---

[1] Vgl. ETZ 1930, S. 1, 837, 1057.
[2] Die Gliederung wurde in der ETZ 1930, S. 838, mitgeteilt.
[3] Der sehr bald nach der Tagung der Öffentlichkeit übergebene Sonderband „Generalberichte" ist in der ETZ 1930, S. 1411, angezeigt worden.

[1] ETZ 1925, S. 641; 1928, S. 415; 1930, S. 1602.

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

AG. Brown, Boveri & Cie., Baden (Schweiz)[1]. — Der Geschäftsbericht der Firma für 1930/31 äußert sich zunächst über die Weltkrisis und in Zusammenhang damit über den „maßlosen Konkurrenzkampf, der in dem heißen Bemühen, die knapper werdenden Aufträge an sich zu reißen, zu den schädlichsten Mitteln greift, indem er z. B. die Produkte auf Abzahlung oder, was dem gleichkommt, auf jahrelange Kredittermine, die noch vor wenigen Jahren ganz unerhört gewesen wären, verkauft und somit den späteren Bedarf gewissermaßen eskomptiert. Das erhöhte Risiko solcher Geschäfte wird wenig beachtet, die Preise werden geworfen und die Verdienstmöglichkeit allgemein geschmälert, so daß das Resultat zunächst nicht eine Erhöhung der Absatzmöglichkeit, sondern bei wachsendem Mißtrauen und größter Zurückhaltung in Neuanlagen eher das Gegenteil sein dürfte. Trotz der bedeutenden Verbilligung der Materialpreise, wie z. B. der Metalle, steigt ihr Absatz nicht, sondern er geht unaufhaltsam zurück, weil der sinkende Beschäftigungsstand und der Zweifel an baldiger Erholung zur Verminderung der Vorräte zwingen. Bei der schweizerischen Maschinenindustrie hat sich das Fallen des Bestellungseinganges im allgemeinen erst seit der Mitte des letzten Jahres bemerkbar gemacht, und bei unserer Firma konnte dank der bedeutenden Auftragsreserve, die z. T. auch in den langen Lieferzeiten für große Maschinen liegt, die volle Arbeit in der Fabrik Baden bis ungefähr Dezember 1930 aufrechterhalten werden, während die Fabrik Münchenstein, wie schon im letztjährigen Bericht erwähnt, den Rückgang früher zu spüren bekam. Im letzten Quartal des Geschäftsjahres mußten auch in Baden nach und nach in verschiedenen Abteilungen Verkürzungen der Arbeitszeit vorgenommen werden, wodurch bis jetzt erhebliche Entlassungen vermieden werden konnten. Bei Abfassung dieses Berichtes hat sich unser Bestellungsbestand, insbesondere durch Hereinnahme der Aufträge für die großen Generatoren und Transformatoren des Rheinkraftwerks Albbruck-Dogern und die Generatoren für das Aare-Kraftwerk Klingnau, wieder etwas gehoben; er beträgt trotzdem nur ca. 65 % des Bestandes vom Juni 1930."

Aus dem technischen Teil des Berichts geht hervor, daß die Konstruktions- und Forschungsabteilungen der Gesellschaft trotz des starken Rückganges der Bestellungen während des ganzen Geschäftsjahres außerordentlich stark beschäftigt waren. Der Dampfturbinen-Abteilung ist es durch Anwendung besonders hoher Dampfdrücke und Temperaturen sowie durch sorgfältige Durchbildung der Turbinen gelungen, den Wärmeverbrauch einer Dampfkraftanlage unter den einer Gasmaschine und in unmittelbare Nähe der Konsumziffer des Dieselmotors zu bringen. Zu guten Hoffnungen berechtigt eine von BBC entwickelte neuartige Dampferzeugungsanlage, bei der der Feuerraum und die Heizflächen auf etwa den zehnten Teil derjenigen eines gewöhnlichen Dampfkessels vermindert worden sind. Studien und Vorversuche mit den Elementen einer Gasturbine sind so weit gediehen, daß die Berichterstatterin nunmehr an den Bau einer solchen Maschine herantreten konnte. Bei den Elektrogroßmaschinen werden die vertikalachsigen Generatoren (je 32 500 kVA, 75 U/min) für das Kraftwerk Ryburg-Schwörstadt, ein zweipoliger 48 000 kVA-Turbogenerator (3000 U/min) für den Karolinenschacht der Witkowitzer Steinkohlengruben und ein solcher (31 250 kVA, 36 000 V) für die Zentrale Langerbrügge genannt, der in seinem Wicklungsaufbau und der Zusammensetzung der Leiterisolation, wie die Verwaltung sagt, einen Markstein in der Entwicklung der Hochspannungsmaschinen darstellt. Im Transformatorenbau konzentrierte sich die Hauptbeschäftigung der Werkstätten auf die Ausführung einer Reihe interessanter Großtransformatoren, während der Umfang der Erzeugung von Kleintransfomatoren abgenommen hat. Der bei Großtransformatoren auch größter Leistung immer mehr zum Durchbruch kommenden Tendenz, zur Kühlung der Ölfüllung Wasser zu vermeiden, hat die Gesellschaft durch Ausbildung der sog. Druckluft-Düsenkühlung Genüge geleistet. Die Hochleistungsversuchsanlage hat BBC in den Stand gesetzt, „die auf der Grundlage unserer langjährigen analytischen Erforschung des Ab- und Einschaltvorganges unter Öl bemessenen Ölschalter auf ihre wirkliche Leistungsfähigkeit zu erproben und damit der ganzen Entwurfstechnik im Schalterbau jene Basis zu geben, über die der Elektromaschinenbau zum großen Teil eigentlich seit seinen Anfängen verfügt hat". Unter den Schöpfungen im Apparatebau sind die Ausbildung eines Distanzrelais für Kabelnetze sowie die Kombination des Schnellreglers für Generatoren mit einem Kohledruckregler zu einem besonderen Regleraggregat für Ausregulierung von Spannungsänderungen von bis zu 30 % nach abwärts erwähnt. Die Beschäftigung der Abteilung für Quecksilberdampf-Gleichrichter bewegt sich nach wie vor in stetig aufsteigender Linie. „Analytische Forschungsarbeiten haben auf diesem Gebiet ungeahnte Perspektiven für die Verwendung des Gleichrichters mit den von uns erstmalig angewendeten gesteuerten Anodengittern eröffnet. Neben der Möglichkeit, diese als Rückzündungsschutz und zur Spannungsregelung zu verwenden, kann ein solcher Gleichrichter einerseits mit umgekehrter Energierichtung als Gleichstrom-Drehstrom-Umformer, anderseits als Frequenzumformer betrieben werden. Damit ist das Problem der Fernübertragung mittels hochgespanntem Gleichstrom plötzlich in den Bereich der Möglichkeit gerückt, ebenso wie das der Kupplung von Wechselstromnetzen verschiedener Frequenz und natürlich auch Phasenzahl unter völliger Vermeidung rotierender Maschinen." Das Problem der Kupplung von Mehrphasennetzen verschiedener Frequenz und des wechselseitigen Energieaustausches zwischen diesen löst die Berichterstatterin zunächst noch durch Frequenzumformergruppen mit Drehstromkollektor-Hintermotor, der zusätzlich über eine besondere Drehstromerregermaschine von einem auf der Welle der Umformergruppe sitzenden Frequenzwandler erregt wird. Auf dem Bahngebiet war die Gesellschaft in der Hauptsache für die SBB tätig, wobei ihre Produktionsfähigkeit allerdings bei weitem nicht volle Ausnutzung fand. Auch der Bedarf der schweizerischen Neben- und Straßenbahnen war bescheiden. Sehr rege ist stets die Nachfrage nach dieselelektrischen Lokomotiven.

Den Ausführungen der Verwaltung über die Beteiligungen und in der GV. (15. VIII.) zufolge ist, um weiteren Verlusten zu entgehen, beschlossen worden, nach der bereits erfolgten Stillegung der Fabrik Zychlin der Polnischen Elektrizitätswerke Brown Boveri AG., Warschau, nun auch deren kleineres Werk in Teschen außer Betrieb zu setzen. Das polnische Unternehmen wird wahrscheinlich in Konkurs gehen, weil die Muttergesellschaft ihm keine neuen Mittel zur Verfügung stellen will. Letztere hat ferner, was die American Brown Boveri Electric Corporation, Camden, N. J., betrifft, einem Verkauf der elektrischen Abteilung an die Allis Chalmers Manufacturing Co., Milwaukee, zugestimmt, mit der sie für die V. S. Amerika einen Lizenzvertrag schließen wird. Die Schiffbaufirma soll unter dem Namen New York Shipbuilding Co. ohne Mitwirkung der Berichterstatterin weitergeführt werden.

Fabrikationsgewinn: 10 940 666 Fr (11 323 706 i. V.), Einnahmen aus Miete, Zinsen, Beteiligungen usw.: 3 375 662 Franken (2 959 100 i. V.), Reingewinn: 5 545 237 Fr (5 316 479 i. V.), Dividende: 8 % auf 47,040 Mill Fr Aktienkapital (9 % i. V.).

[1] Vgl. ETZ 1930, S. 1252.

Kapitalbildung und industrielle Investitionen. — Im Anschluß an die in der ETZ 1931, S. 1104, bezüglich der Elektroindustrie und Elektrizitätserzeugung gebrachte Mitteilung sei auf einen in St. u. E., Bd. 51, S. 1056 (1931) unter obigem Titel erschienenen Aufsatz von Dr. J. W. Reichert hingewiesen, der Mängel in der Untersuchung des Instituts für Konjunkturforschung nachweist und dieser eine Veröffentlichung der Bank für deutsche Industrieobligationen[1] als zuverlässiges Quellenwerk gegenüberstellt.

[1] „Zahlen aus Deutschlands Wirtschaft." Verlag von Reimar Hobbing, Berlin 1931.

Bezugsquellenverzeichnis.

Die Anfragen sind an die Schriftleitung der ETZ, Berlin W 9, Linkstr. 23/24, zu richten. Anfragen ohne Rückporto bleiben unbeantwortet.

Frage 31: Wer stellt Kennplättchen (Springmelder) für Sicherungspatronen her?

Berichtigung.

In Heft 33, S. 1073 muß es in dem Nachruf Warburg, Spalte 2, Zeile 24, wie folgt heißen: „In ihren ureigensten Zielen fördern sich Wissenschaft und Technik gegenseitig, indem die neuen Wege von der Wissenschaft trassiert und alsdann von der Technik zu breiten und bequemen Straßen umgeschaffen werden, auf welchen die Wissenschaft bisher unbekanntes Terrain leichter erreicht."

Abschluß des Heftes: 29. August 1931.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 16 500 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

ETZ

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

INHALT

37. HEFT · 52. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9
(1157—1184)
10. SEPTEMBER 1931

Elektrotechnische Zeitschrift
(Zentralblatt für Elektrotechnik)
Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894
Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9
52. Jahrgang Berlin, 10. September 1931 Heft 37

Rückständige Mitgliedsbeiträge 1931.

Wir bitten die Mitglieder dringend, alle für 1931 rückständigen Mitgliedsbeiträge umgehend an den Bezirksverein abzuführen, dem sie als Mitglied angehören. Das Verzeichnis der Postscheckkonten befindet sich in Heft 42 vom 16. X. 1930.

Die ordnungsmäßige Zustellung der ETZ kann nur dann erfolgen, wenn die Beiträge pünktlich entrichtet werden.

Verband Deutscher Elektrotechniker e. V.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

Wesen und Bedeutung der Fernwirkanlagen im Kraftwerksbetrieb*.

Von Prof. Dr.-Ing. **H. Piloty**, München.

Übersicht. Der Verfasser zeigt nach Erläuterung der Bestandteile der Fernwirkanlagen (Einrichtungen zur Fernmessung, Fernmeldung, Fernsteuerung, Fernregelung), wobei auch einige neue Einrichtungen beschrieben werden, an Hand eines für ein fingiertes großes Überlandnetz bestimmten Projektes einer vollständigen Fernwirkanlage den Zusammenhang zwischen Aufgabestellung und apparativer Entwicklung. Er erklärt und verteidigt hierbei die unter seiner Mitwirkung von der AEG befolgte Entwicklungstendenz und versucht festzustellen, in welcher Weise sich der Einsatz der von der Industrie erzeugten Einrichtungen in den großen Netzen voraussichtlich vollziehen wird.

Am Schluß des Vortrags, den dieser Aufsatz wiedergibt, wurde zur Demonstration der fernwirktechnischen Möglichkeiten ein großer Phasenschieber durch Fernsteuerung und Automatik in und außer Betrieb genommen sowie mittels Fernmessung und Fernmeldung bei diesen Vorgängen überwacht.

Das Gebiet der für die Verbesserung der Betriebsführung von großen Netzen eingesetzten Fernwirkanlagen, d. h. derjenigen Einrichtungen, welche die Übermittlung aller Arten von Begriffen — Meßwerten, Meldungen, Befehlen, Ferneingriffen — über größere Entfernungen unter Verwendung leitungsparender Hilfsmittel bezwecken, besitzt eine eigentümliche Struktur. Die Apparate und Einrichtungen, von denen die Rede sein wird, entstammen entweder direkt der Fernmeldetechnik oder stehen doch zu ihr in sehr naher Beziehung. Ihr sinnvoller Einsatz, ihr Zusammenfügen zu einem organischen Ganzen, die ihnen gestellten Aufgaben, all dies entstammt aber den Betriebserfordernissen der Starkstromtechnik und der Elektrizitätswirtschaft. Vielleicht, ja wahrscheinlich ist diese Zwitterstellung die Ursache dafür, daß die Entwicklung in ungewöhnlicher, fast paradoxer Weise fortgeschritten ist. In der Starkstromtechnik ist man gewöhnt, das Zusammenwirken aller Teile einer größeren Anlage, von Einzelfragen abgesehen, als selbstverständlich bekannt vorauszusetzen. Hier beschäftigt sich die Entwicklung in der Hauptsache mit der Verbesserung der einzelnen Bestandteile, der Maschinen, Transformatoren, Schaltgeräte, Isolatoren, Meßwandler usw. Die zusammenfassende Planung von Kraftwerken, Transformator-Schaltstellen hinwiederum kann von den Einzelteilen Gebrauch machen, ohne sich tiefer mit ihrer Konstruktion befassen zu müssen.

* Vortrag, gehalten im Elektrotechnischen Verein am 30. IX. 1930.

Ganz anders dagegen ist es auf unserem Gebiet. Die Einrichtung einer großen Zahl von Einzelapparaten hängt maßgebend von übergeordneten, ins Gebiet der Gesamtplanung gehörigen Gesichtspunkten ab, und umgekehrt ergeben sich erfüllbare Wünsche der Projektierung erst wieder aus den Eigenschaften der neuen Apparate. Trotzdem aber bezieht sich die in den letzten Jahren erwachsene Erkenntnis fast ausschließlich auf die Konstruktion und Wirkungsweise der Apparate, während noch keine große Klarheit darüber herrscht, was man eigentlich mit ihnen anfangen soll.

Aus Erwägungen dieser Art heraus wird in diesem Aufsatz der Standpunkt des projektierenden Ingenieurs eingenommen, der die Wirkungsweise der Einzelteile zwar kennt, sein Hauptaugenmerk aber auf das Zusammenwirken, auf die Arbeit der ganzen „Fernwirkanlage" richtet. Gleichzeitig soll aber auch gezeigt werden, wie stark die apparative Entwicklung bei konsequenter Berücksichtigung dieses Standpunktes beeinflußt wird. Leider hat sich diese Erkenntnis noch lange nicht im wünschenswerten Maße durchgesetzt, so daß es dem Verfasser notwendig erscheint, die unter seiner Mitwirkung bei der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft verfolgte Entwicklungstendenz zu verteidigen, die auf den nach dem heutigen Stande der Technik zu erwartenden zukünftigen Gesamtaufbau großer Fernwirkanlagen weitgehend Rücksicht nimmt.

Am besten erkennt man die Zusammenhänge, wenn man nicht bei allgemeinen abstrakten Überlegungen stehen bleibt, sondern sich darüber Rechenschaft zu geben sucht, wie sich im konkreten Falle die Gesamtheit aller auf dem Gebiet der Automatik und der Fernwirkanlagen liegenden Maßnahmen auswirken würde. Es soll daher als Beispiel ein Großprojekt dieser Art vorgeführt werden. Trotzdem aber müssen vorher einige grundsätzliche Betrachtungen über die Eigenschaften der dem Projekt zugrunde liegenden Einzeleinrichtungen angestellt werden, damit die Betrachtung des Großprojektes ein anschauliches und überzeugendes Bild liefert. Das Großprojekt wird sich ferner auf den Fall eines großen Überlandnetzes beziehen, da dieses für unsere Betrachtungen schwieriger und daher lehrreicher ist. Der Unterschied zwischen einem Überlandnetz und einem städtischen Netz liegt darin, daß es sich bei der Übermittlung der Begriffe im städtischen Netz nur um verhältnismäßig kurze Entfernungen handelt und daß daher fernmeldetechnische Verkehrskanäle in Form von Kabeladern meist in weit reicherer Anzahl zur Verfügung stehen. Der Zwang, bei der Belegung von Ver-

kehrskanälen mit der äußersten Sparsamkeit vorzugehen, führt von selbst bei der Überlandanlage zu einer schärferen Kritik der betriebstechnischen Forderungen, als es bei der städtischen Anordnung nötig wäre.

Das wesentlichste Organ einer zentralen Betriebsführung in großen Versorgungsnetzen ist der sog. „Lastverteiler". Er hat ganz allgemein die Aufgabe, den Gesamtbetrieb des Netzes von übergeordneten betriebstechnischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten aus zu überwachen und zu beeinflussen. Sämtliche zu besprechende Einrichtungen und Maßnahmen laufen darauf hinaus, dem Lastverteiler die Erfüllung dieser Aufgabe besser zu ermöglichen, besser jedenfalls, als es heute meistens der Fall ist. Eine kurze Einzelerörterung seines Aufgabenkreises kann daher, obwohl in der Literatur schon mehrmals behandelt[1], nicht ganz umgangen werden. Neben einer Reihe von Funktionen, die für unsere Betrachtungen unwesentlich sind, hat der Lastverteiler in der Hauptsache zwei Grundaufgaben zu erfüllen: einmal die Befriedigung der Gesichtspunkte der Anforderung der Energiewirtschaft, d. h. die Durchführung der aus wirtschaftlichen Gründen erwünschten planmäßigen Leistungsverteilung, insbesondere auch die Überwachung der Leistungsaustauschverpflichtungen seines Netzes mit fremden Netzen unter gleichzeitiger Berücksichtigung der Blindleistungsverteilung und Spannungshaltung. Seine zweite Grundaufgabe ist betriebstechnischer Natur; sie besteht in der Überwachung der für die Betriebsicherheit des Gesamtbetriebes maßgebenden Umstände sowie in der Hilfeleistung bei der Wiederherstellung des normalen Zustandes, falls dieser durch Netzstörungen, Ausfallen von Kraftwerken oder ähnlichen außergewöhnlichen Vorkommnissen gestört worden sein sollte.

Diese Mischung aus wirtschaftlichen und betriebstechnischen Gesichtspunkten findet man genau beim Betrieb der Kraftwerke wieder. Es ist daher ein verständlicher Wunsch, wenn man danach strebt, den Lastverteiler hinsichtlich des Netzbetriebes immer ähnlicher der Kraftwerkswarte in bezug auf den Kraftwerksbetrieb zu machen.

Diese immer noch ziemlich allgemeine Formulierung der Aufgaben des Lastverteilers zeigt schon, daß es sicher richtig ist, ihm nur die übergeordneten für das Gesamtnetz wichtigen Funktionen zuzuweisen, ihn dagegen von Einzelkenntnissen und unnötigen Eingriffsmöglichkeiten, mit welchen die einzelnen Werke allein fertig werden können, zu entlasten und dafür die verbleibenden Funktionen um so straffer zu gestalten. Wir werden sehen, daß diese Forderung dazu führt, Maßnahmen aus dem Gebiet der Fernwirktechnik und solche aus dem Gebiet der Automatisierung miteinander zu verkuppeln.

Zunächst besteht kein Zweifel darin, daß es für den Lastverteiler unmöglich ist, auf irgendeine Weise, sei es schriftlich, fernmündlich oder mit den Mitteln der Fernwirktechnik, in seinen Betrieb einzugreifen, wenn er nicht über die wichtigsten Vorgänge in seinem Netz orientiert ist. Dementsprechend hat auch die Entwicklung bei den Elektrizitätswerken meist damit begonnen, daß man sich nach Hilfsmitteln umgesehen hat, welche dem Lastverteiler einen besseren Überblick über den Betrieb seines Netzes gewähren.

I. Orientieren des Lastverteilers.

A. Fernmeldetechnische Verkehrskanäle.

Jeder Verkehr zwischen dem Lastverteiler und den außen liegenden Stellen des Netzes wickelt sich mit fernmeldetechnischen Hilfsmitteln ab und bedarf hierzu der fernmeldetechnischen Verkehrskanäle. Da die Eigenschaften der letzteren für die Systemwahl der Fernwirkanlagen, insbesondere der Fernmessung, von großem Einfluß sind, muß zunächst hierauf kurz eingegangen werden.

Vom Standpunkt der Übertragungstechnik aus lassen sich die Fernwirkanlagen mit Ausnahme des Gleichstrom-Fernmeßverfahrens am besten mit der Telegraphie vergleichen. Allerdings spielt die für die Ausnutzung von Leitungen durch Telegraphie sehr wichtige Frage der Telegraphiergeschwindigkeit im allgemeinen bei Fernwirkanlagen bis heute eine geringere Rolle. Es tritt vielmehr das Problem der Mehrfach-Ausnutzung der Verbindungskanäle in den Vordergrund.

Die für die Übertragung verwendeten Einrichtungen sind durchweg in der Fernmeldetechnik bekannte und erprobte Systeme, die hier kurz gestreift werden sollen, da sie dem Starkstromingenieur vielleicht weniger geläufig sind.

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 257 u. 887.

Über große Entfernungen in großen Hochspannungsnetzen ist die wichtigste Verbindung die leitungsgerichtete Hochfrequenzübertragung. Hierbei kann jede Hochfrequenzträgerwelle als besonderer Kanal gezählt werden, da sowohl Sende- und Empfangsort als auch die Verbindungsleitung für jede Trägerwelle unabhängig von dem Vorhandensein anderer Trägerwellenverbindungen ausgewählt werden kann.

Die Drahtleitung, besonders in der Form von Kabeladern, spielt ebenfalls eine wesentliche Rolle. Dabei lassen sich durch passende Zusammenstellung von Kabeladern unabhängige Kanäle schaffen, die in Abb. 1 zusammengestellt sind.

Abb. 1. Verkehrskanäle auf Kabeladern.

Jeder derartige Kanal (Hochfrequenz oder Kabel) läßt sich noch mehrfach ausnutzen, wofür allerdings zusätzliche technische Hilfsmittel erforderlich sind.

In erster Linie kommt dafür die Verwendung von Synchronverteilern in Betracht. Dies sind Schaltorgane an der Sende- und an der Empfangstelle, die durch besondere Mittel synchronisiert werden und den Übertragungskanal in rascher Folge nacheinander für die einzelnen Übertragungen durchschalten. Ferner kommt die Mehrfach-Übertragung durch Mehrfach-Tonfrequenztelegraphie auf Leitungen oder Mehrfach-Tonfrequenzmodulation einer Hochfrequenzträger-Welle in Frage.

Es gibt ferner noch Einrichtungen, die es erlauben, auch auf besprochenen Telephonleitungen, wenn auch in beschränkter Anzahl, Übertragungskanäle für Telegraphieverkehr unterzubringen. Eine Zusammenstellung dieser Möglichkeiten ist in Abb. 2 gegeben.

Abb. 2. Möglichkeiten für die Ausnutzung von Verkehrskanälen.

Für den Kraftwerksbetrieb tritt die Notwendigkeit der Mehrfachausnutzung von Kanälen, insbesondere bei Hochfrequenzübertragung auf große Entfernungen auf, da diese verhältnismäßig hohe Kosten bedingt und auf die wenigen ihrer Zahl und Lage nach gegebenen Hochspannungsleitungen eingeschränkt ist. Hierbei erfordert eine besondere Erwähnung die Aufgabe, die Empfangstelle des Lastverteilers mit einer Mehrzahl von außenliegenden Sendestellen zu verbinden (Rückwärtsverkehr, Orientieren des Lastverteilers), während eine andere häufig auftretende Aufgabe den Verkehr einer zentralen Sendestelle mit einer

Reihe außenliegender Empfangstellen erfordert (Vorwärtsverkehr, Befehlsgebung des Lastverteilers.)

Für den Rückwärtsverkehr bietet die Verwendung von Synchronverteilern die einzige Lösung, die mit nur einer Trägerfrequenz auskommt, da das gleichzeitige unabhängige Arbeiten mehrerer Sender auf derselben Trägerwelle Interferenzen und damit unbrauchbare Empfangsverhältnisse ergeben würde. Der Vorwärtsverkehr läßt sich dagegen auf einer Trägerwelle mit mehreren Modulationsfrequenzen in einfacher Weise durchführen.

Der Vollständigkeit halber sei auch noch erwähnt, daß es innerhalb der Fernwirkanlagen gewisse Einrichtungen gibt, die man als Hilfsmittel zur Mehrfachausnutzung von Verkehrskanälen ansprechen kann, nämlich einmal Einrichtungen zur Übertragung von Meldungen und Befehlen durch Gruppen von Stromimpulsen ähnlich wie in der Selbstanschlußtechnik, dann zur Fernmessung mit absatzweiser Übertragung, wobei eine Reihe von Fernmeßsendern in einem Zyklus von etwa 1 min und darüber nacheinander ihre Meßwerte an die Empfänger durchgeben.

B. Fernmessung.

In erster Linie fragt naturgemäß der projektierende Ingenieur beim Entwurf seiner Anlage danach, welche Größen überhaupt durch die Fernmessung übertragen werden sollen. Erinnern wir uns hierbei an die bereits gewonnene Regel, dem Lastverteiler nur diejenigen Dinge zur Kenntnis zu bringen, welche für den Betrieb des Gesamtnetzes von Bedeutung sind. So kommt man etwa zu folgendem Programm für die Fernmessung:

1. Gesamtleistungserzeugung und Gesamtleistungsverbrauch in allen Stationen,
   dazu die entsprechenden Blindleistungen.
2. Leistungsfluß auf den wichtigsten Verbindungssträngen in vermaschten Netzen,
   dazu die entsprechenden Blindleistungen.
3. Die Spannung aller wichtigen Netzknoten.
4. Verschiedene Betriebsgrößen (Leistung, Blindleistung, Spannung, Augenblicksleistungsfähigkeit) solcher Anlageteile, deren Betrieb der Lastverteiler, wie wir später sehen werden, vorübergehend selbst in die Hand nehmen kann.
5. Frequenz bzw. Frequenzdifferenzen an solchen Stellen des Netzes, bei denen unter Mitwirkung des Lastverteilers synchronisiert werden muß.

Dies Programm bedeutet, daß trotz unserer einschränkenden Regel eine recht stattliche Anzahl von Meßgrößen übertragen wird, so daß auch an die Belegung der fernmeldetechnischen Verkehrskanäle erhebliche Anforderungen gestellt werden, wenigstens wenn es sich um den Lastverteiler eines Überlandnetzes handelt. In städtischen Netzen sind gewöhnlich Kanäle (Kabeladern) verhältnismäßig reichlich vorhanden, so daß hier der Zwang zur Sparsamkeit nicht so dringend ist wie beim Überlandnetz.

Gleichzeitig sieht man aber auch, daß die Möglichkeiten der Zeichenübertragung für die Systemwahl bei der Fernmessung von entscheidender Bedeutung sein müssen. Die in der Regel mit Gleichstrom betreibbaren Kabeladern in städtischen Netzen gestatten die Anwendung von Fernmeßmethoden, welche den zu übertragenden Meßwert in eine Gleichstromintensität abbilden, Fernmeßmethoden, welche alle Anforderungen, die man vernünftigerweise an eine Fernmeßmethode stellen kann, zu befriedigen gestatten.

Ist man dagegen bei Überlandnetzen auf die Hochfrequenzübermittlung angewiesen, so verbietet die begrenzte Anzahl der Verkehrskanäle solche Methoden, die ein breites Frequenzspektrum beanspruchen, etwa eine Methode, die den Meßwert in eine Hochfrequenz oder eine Hochfrequenzänderung abbilden. Aus diesem Grunde bleiben hier praktisch nur die sog. „Impulsmethoden" übrig, welche den Meßwert entweder in die Frequenz einer Impulsfolge oder in die Zeitdauer eines Impulses abbilden. Dabei gestattet das letztere Verfahren die bei weitem höchste Ausnutzung der Verbindungswege durch langsame absatzweise Übertragung mehrerer Meßwerte etwa auf ein Segment eines Synchronverteilers auf einer Trägerwelle, falls man darauf verzichtet, Momentanwerte oder genauer Quasimomentanwerte zu erhalten.

Hiermit berühren wir aber bereits eine weitere wichtige grundsätzliche Frage, nämlich die Frage nach den Ansprüchen, welche man an die Fernmessung stellen soll. Man wird zunächst den Wunsch hegen, die Fernmessung der gewöhnlichen elektrischen Messung (Nahmessung) möglichst ähnlich zu machen. Man wird also nach derselben Genauigkeit, nach denselben mechanischen und elektrischen Eigenschaften der Anzeigeinstrumente streben wie bei der Nahmessung. Insbesondere wird man auch verlangen, daß der Zeiger des Anzeigeinstrumentes dem Meßwert praktisch augenblicklich folgt. Dazu treten noch die eigentümlichen Gesichtspunkte der Fernmessung; die prinzipielle Möglichkeit und Fehlerfreiheit der Summenmessung sowie die Anspruchslosigkeit hinsichtlich der Belegung der Verkehrskanäle.

Alle diese Wünsche lassen sich leider nur bei der Gleichstrom-Fernmessung erfüllen, welche insbesondere so ausgebildet werden kann, daß sie einen Meßwert liefert, der unabhängig von der Höhe irgendeiner Hilfspannung und auch unabhängig von den elektrischen Eigenschaften der Kabeladern, so lange die Übertragung nur überhaupt betriebsfähig ist, jederzeit dieselbe Genauigkeit besitzt, wie man sie bei der Nahmessung gewohnt ist, und der außerdem dem anzeigenden Meßwert praktisch augenblicklich folgt. Ein solches Fernmeßverfahren kann man daher mit Recht in denjenigen Fällen, wo es anwendbar ist, als ideal bezeichnen.

Wir hatten aber bereits gesehen, daß in Überlandnetzen mit Gleichstrom betreibbare Kabeladern in der Regel nicht zur Verfügung stehen. Man muß sich daher hier derjenigen Fernmeßverfahren bedienen, welche mit Impulsen arbeiten. Dieses bedeutet aber zunächst schon Verzicht auf augenblickliche Folge zwischen Sende- und Anzeigegerät. Bei der Impuls-Frequenz-Methode sind mehrere Impulse vonnöten, bevor der Meßwert seinen stationären Zustand erreicht hat. Bei der Impuls-Zeit-Methode muß mindestens die Dauer eines Impulses abgewartet werden. Praktisch kann man etwa mit einer Verzögerungszeit von 10 s rechnen. Nun gibt es aber im Aufgabenbereich des Lastverteilers Meßwerte, bei denen es selbst auf weit längere Verzögerungszeiten nicht ankommt; diejenigen nämlich, welche lediglich zur Überwachung der wirtschaftlichen Betriebsführung dienen. Verzichtet man bei diesen auch noch auf die Forderung einer Folgezeit von etwa 10 s, so kann man zur absatzweisen Übertragung mehrerer Meßwerte nach der Impuls-Zeit-Methode greifen. Hierdurch gewinnt man die Möglichkeit, eine große Anzahl wichtiger Meßwerte zu übertragen, auf deren Übermittlung man sonst ganz verzichten müßte. In diesem Falle ist es auch zweckmäßig, nicht willkürlich herausgegriffene Momentanwerte, sondern über die Zeitdauer eines Übertragungszyklus gebildete Mittelwerte zu übertragen. Die Alternative lautet daher nicht, wie man häufig fälschlich annimmt, Momentanwerte oder Mittelwerte, sondern Dauerübertragung oder absatzweise Übertragung, wobei bei der letzteren zweifellos Mittelwerte vorzuziehen sind.

Auf Grund solcher allgemeinen Betrachtungen gelangt man zu der Einsicht, daß man für die verschiedenen Fälle auch über verschiedene Fernmeßsysteme verfügen soll. Dementsprechend hat die AEG drei Fernmeßverfahren entwickelt, die einerseits für alle Fälle ausreichen, anderseits für jeden Fall die erreichbaren erstrebenswerten Eigenschaften besitzen.

Abb. 3a. Prinzip des Impulskompensators.

Für die Übertragung auf Gleichstromadern, praktisch bis zur Entfernung von etwa 30 km, dient die von Brückel angegebene Fernmeßeinrichtung nach dem Kompensationsverfahren[2]. Das Drehmoment des Gebersystems wird dabei durch das Drehmoment eines mit ihm gekuppelten Kompensationssystems kompensiert. Dieses ist ein polarisiertes Relais, das nach Art eines Tirrillreglers durch dauernde Unter- und Übersteuerung einen Gleichstrom einregelt, dessen Mittelwert dem Drehmoment und damit der Ausgangsmeßgröße proportional ist. Der Empfang erfolgt

[2] W. Brückel und W. Stäblein, AEG-Mitt. 1930, S. 185; El. u. Maschinenb. Bd. 48, S. 191 (1930).

durch normale anzeigende oder registrierende Drehspul-Milliamperemeter.

Für die Übertragung über größere Entfernungen mittels Hochfrequenz oder anderer nicht mit Gleichstrom betreibbarer Verkehrskanäle dient das Impulskompensationsverfahren nach Brückel-Stäblein. Als Ausgangsinstrument wird ein Zähler mit Kontaktvorrichtung verwendet, der mit einer der Meßgröße proportionalen Frequenz Impulse aussendet. Diese wird in einem Impulskondensator dazu benutzt, einen Gleichstrom so einzuregeln, daß ein Amperestundenzähler mit Kontaktvorrichtung dieselbe Impulsfrequenz aussendet. Das Prinzip ist in Abb. 3 a dargestellt. Der Impulskompensator besteht im wesentlichen aus einem Potentiometer, das von einem Drehankerrelais bei jedem vom Sendezähler ankommenden Impuls um einen Schritt verstellt wird. Die abgreifende Bürste wird von einem zweiten Drehankerrelais bewegt, das von Impulsen gesteuert wird, die vom Amperestundenzähler kommen. Auf die vom Sendezähler herrührenden Impulse hin wird der Spannungsabgriff am Potentiometer vergrößert, der Amperestundenzähler im Empfangskreis bekommt mehr Strom und läuft damit schneller. Im Mittel wird so am Potentiometer diejenige Spannung abgegriffen, die zu einem Strom führt, der im Amperestundenzähler die richtige Drehzahl erzeugt. Die Anzeige erfolgt also durch einen der Meßgröße proportionalen eingeregelten Gleichstrom, der unabhängig von Schwankungen der Spannung ist und eine bequeme Kombination mit dem Gleichstrom-Kompensationsverfahren, z. B. bei Summierungen, erlaubt. Der Impulskompensator ist in Abb. 3 b wiedergegeben.

AEG K24131

Abb. 3 b. Impulskompensator (mit abgenommener Kappe)

Für die absatzweise Übertragung mehrerer Meßwerte nacheinander über denselben Übertragungskanal dient die dritte schon 1926 von Brückel vorgeschlagene Fernmeßeinrichtung nach dem Impuls-Zeit-Verfahren[3]. Durch Abtastung des Zeigerausschlages am Geberinstrument wird ein Impuls gewonnen, dessen Zeitdauer proportional dem Ausschlag ist. Dieser Impuls wird übertragen und im Empfangsinstrument wieder in einen Zeigerausschlag zurückverwandelt.

Das Impuls-Zeit-Verfahren ist ferner das einzige Fernmeßverfahren, welches die bequeme Übertragung von zeitlichen Mittelwerten erlaubt. Der Mittelwert wird, ausgehend von einem Zähler, in einem Mittelwertgeber nach Art eines Maximumzeigers in einem Zeigerausschlag gebildet, wofür eine Zeitdauer von 1 ... 5 min verwendet wird. Die Übertragung selbst geschieht jeweils nach dieser Zyklusdauer in wesentlich kürzerer Zeit, innerhalb weniger Sekunden, so daß eine längere Übertragungspause entsteht, die dazu benutzt werden kann, andere Meßwerte zu übertragen. Dies geschieht unter Verwendung langsam laufender Schaltwalzen auf Sende- und Empfangseite, die nach dem Start-Stop-Verfahren untereinander synchronisiert werden.

C. Fernmeldung.

Die Angaben der Fernmeßinstrumente unterrichten den Lastverteiler noch nicht lückenlos über all das, was er für seine Tätigkeit wissen muß. Er muß darüber hinaus auch noch über Schluß und Öffnung der Großenergiewege, über die Stellung aller wichtigen Regeltransformatoren, über die Abstimmung der Erdschlußspulen usw. unterrichtet sein. Meistens verschaffte sich der Lastverteiler bisher diese Kenntnisse durch das Betriebstelephon. Stellt man sich aber die Aufgabe, das Betriebstelephon zur Erzielung einer strafferen Betriebsführung nach Möglichkeit zu entlasten, so muß man, wie es einige große deutsche Netze bereits getan haben, zu Einrichtungen greifen, welche diese Meldungen dem Lastverteiler zwangläufig zuführen. Selbstverständlich wird man von einer diesem Zweck dienenden Anlage auch verlangen, daß sie dem Lastverteiler Vollzugsmeldungen über von ihm betätigte, im nächsten Abschnitt zu besprechende Ferneingriffe liefert.

Ohne Rücksicht darauf, ob die Unterrichtung des Lastverteilers über all die genannten Dinge durch das Telephon, durch eine selbsttätige Fernmeldeanlage oder sonst irgendwie erfolgt, hat es sich bereits als unumgänglich nötig erwiesen, die Meldungen beim Lastverteiler in einer übersichtlichen und jederzeit ablesbaren Form festzustellen. Diesem Zweck dienen die sog. „Leuchtschaltbilder", über die noch einige Worte gesagt werden sollen.

AEG K 24124

Abb. 4. Leuchtschaltbild in geographischer Ausführung.

Ein Leuchtschaltbild stellt stets seinem Wesen nach ein Schaltbild des für den Lastverteiler wichtigen Gesamtnetzes dar, in dem die Stellung der hauptsächlichsten Organe durch Lampen oder Schaltzeichen gekennzeichnet wird. Gewöhnlich folgen die Linien dieses Schaltbildes einigermaßen der geographischen Struktur des Netzes. Einen besonderen Kunstgriff stellt hierbei die sog. „spannungsabhängige Schaltung" dar. Hierbei wird durch eine Relaiskettenschaltung bewirkt, daß diejenigen Leistungsteile, die miteinander verbunden sind und unter Spannung stehen, durch Aufleuchten, gegebenenfalls in verschiedenen Farben, zur Darstellung gebracht werden. Abb. 4 zeigt ein Beispiel für ein geographisches Leuchtschaltbild.

AEG K24132

Abb. 5. Bauelemente eines Leuchtschaltbildes in sinnbildlicher Ausführung.

Nicht immer führt ein solches geographisches Schaltbild zu einer befriedigenden Lösung. Es gibt besonders verwickelte Netze, in denen die geographische Darstellung zu einem verwirrenden Liniennetz führen würde. Für solche Fälle gibt es den Ausweg, auf die geographische Darstellung insofern zu verzichten, als die Verbindungsleitungen im Leuchtschaltbild unterdrückt werden und dafür die Schalter, welche am Anfang und Ende einer jeden Verbindungsleitung sitzen, durch entsprechende Kennzeichnung einander zugeordnet werden. Man gewinnt dadurch den Vorteil, die Aufbauelemente des Leuchtschaltbildes, von denen jedes zu einem Schalter gehört, stationsweise zusammenfassen zu können und auch die Stationen im Leuchtschaltbild frei verteilen zu können, ohne daß man hierbei durch den Zwang, die Verbindungsleitungen darstellen zu müssen, behindert wird. Das Schema einer solchen Anordnung für eine Station zeigt Abb. 5. Da hier infolge des eigentümlichen Aufbaues

[3] Wie Fußnote 1.

jeder Schalter zwei Leitungen (Kabel) steuert, befinden sich in jedem Aufbauelement zwei Felder (die weißen Rechtecke), in welchen beim Herausfallen des Schalters die Nummer des Kabels sichtbar wird. Ist also ein Kabel beiderseitig abgeschaltet, so muß seine Nummer an zwei Stellen des Leuchtschaltbildes erscheinen. Ein weiterer Vorteil dieser symbolischen Darstellungsart besteht darin, daß man das Leuchtschaltbild nach Bedarf leicht ergänzen kann. In vielen Fällen ist es möglich, diesen Vorteil auch bei einer mehr oder weniger geographischen Darstellung, die auch Leitungen enthält, zu erhalten. Einen solchen Fall werden wir bei der Besprechung unseres Projektes kennen lernen.

Es bleibt nur noch übrig zu untersuchen, ob nicht, gemäß unserer allgemeinen Regel, den Lastverteiler vor unnötigen, nur verwirrenden Einzelkenntnissen zu entlasten, auch bei der Anzeige von Schaltorganen Vereinfachungen möglich sind. Dies ist in der Tat der Fall. Abb. 6 zeigt beispielsweise links das Schema einer einfachen Transformatorenstation mit Doppelsammelschienen, zwei Leitungsabzweigen, einem Transformatorabzweig und einem Kuppelfeld. Normalerweise dient die zweite Sammelschiene lediglich Reservezwecken, u. zw. zur Erleichterung gewisser Schaltvorgänge. Es kann daher dem Lastverteiler durchaus gleichgültig sein, ob der Energiefluß, der diese Station passiert, über die eine oder die andere Sammelschiene geleitet wird. Aus diesem Grunde wird man eine kombinierte Stellungsanzeige vorziehen, wie sie rechts im Bild dargestellt ist. Das Kuppelfeld scheidet ganz aus, und für jeden Leitungs- oder Transformatorenabzweig ist nur zur Darstellung gebracht, ob überhaupt eine Verbindung besteht oder nicht. In einem solchen Abzweig wird daher der Begriff „Ein" zu bilden sein, falls der Ölschalter und einer der Trennschalter geschlossen ist. In jedem anderen Fall aber der Begriff „Aus". Diese kombinierten Begriffe „Ein" und „Aus" brauchen allein dem Lastverteiler bekanntgegeben zu werden.

Abb. 6. Darstellung von Doppelsammelschienen.

Allerdings muß die Zulässigkeit solcher Vereinfachungen von Fall zu Fall sorgfältig geprüft werden. Daß die Verhältnisse auch unter Umständen anders liegen können, erkennt man beispielsweise aus Abb. 7. Hier hängen, wie das Schaltbild links zeigt, an den Hochspannungs-Sammelschienen der Station über Transformatoren und gruppenweise getrennte Niederspannungs-Sammelschienen Umformermaschinengruppen, die gleichstromseitig über das Ortsnetz zusammenhängen. Würde man, wie im vorigen Beispiel, den kombinierten Begriff für einen Transformatorabzweig aus der Stellung des Ölschalters und der Trennschalter bilden, so würde dem Lastverteiler eine ihn interessierende Kenntnis vorenthalten werden. Fällt beispielsweise die eine Gruppe von Umformern aus, so wandert die Gesamtlast auf die andere Maschinengruppe, und es ergibt sich, wenn, wie es hier betriebsmäßig der Fall sein wird, die beiden Leitungsabzweige direkt nicht gekuppelt sind, eine Belastungsverschiebung im Hochspannungsnetz, die der Lastverteiler an einem Fernmeßinstrument erkennt, für die er aber den Grund nicht sehen kann. In diesem Falle ist es daher noch wünschenswert, kenntlich zu machen, über welchen Trennschalter der Leitungsabzweig bzw. der Transformatorabzweig mit den Sammelschienen in Verbindung steht. Hieraus folgt eine kombinierte Meldung, wie sie im Bild rechts dargestellt ist. Die Stellung „Ein" in einem Leitungsabschnitte bedeutet nun, daß der Ölschalter und der mitgekennzeichnete Trennschalter gleichzeitig geschlossen sind. Der Begriff „Ein" eines Transformatorabzweiges bedeutet, daß ein Energieweg von der

Abb. 7. Symbolische Darstellung kombinierter Schaltvorgänge.

Hochspannungs-Sammelschiene zu den Gleichstromschienen der betreffenden Gruppe besteht. In ihn sind alle Schalter einzubeziehen, mit deren Herausfall betriebsmäßig mit einiger Wahrscheinlichkeit gerechnet werden muß. Das Erscheinen des Merkmals „Ein" links am Transformatorabzweig hätte also zu bedeuten, daß der zur oberen Sammelschiene führende Trennschalter, beide Transformatorölschalter, einer der Unterspannungs-Trennschalter des Transformators und schließlich ein Leitungsweg über einen der Umformer bis zur Gleichstrom-Sammelschiene der betreffenden Gruppe geschlossen ist. Der kombinierte Begriff wird durch eine geeignete Schaltung von Hilfskontakten an den Schaltern gebildet, der Sachverhalt im Leuchtschaltbild durch eine entsprechende Signatur dargestellt.

Schließlich wird man in das Leuchtschaltbild, falls Fernmessung vorgesehen ist, auch Anzeigeinstrumente für diejenigen Meßwerte mit hinneinnehmen, die für die Überwachung des Energieflusses von Wichtigkeit sind.

Bei der Fernmeldung ist der Gesichtspunkt der Kanalersparnis, also der Mehrfach-Übertragung von Meldungen auf einem Kabel, von besonderer Bedeutung. Hierfür werden mit Vorteil die Mittel der selbsttätigen Telephonie angewendet. Es sollen zwei Verfahren besprochen werden, von denen das eine nur für Gleichstrom-Betrieb auf Leitungen, das andere für beliebige Übertragung, auch mit Hochfrequenzen, bestimmt ist[4].

Das erste Verfahren, das Synchronwähler-Verfahren, benötigt zum Betrieb drei Adern. Durch polarisierte Impulse ist die Übertragung gegen Störungen gesichert. Das zweite Verfahren, das Impulsgruppen-Verfahren, benötigt nur eine Verbindung, also z. B. eine Hochfrequenzwelle für Hin- und Rückverkehr. Die Sicherstellung wird durch einen besonderen Aufbau der Impulse erreicht, die in eine doppelte Impulsserie aufgeteilt sind, die einander zu einer bestimmten konstanten Summe ergänzen müssen.

Eine besondere, häufig vorkommende Aufgabe muß noch erwähnt werden, darin bestehend, daß Meldungen von einer Reihe von Stationen abgegeben werden sollen, die mit einer Mindestzahl von Verbindungskanälen auskommen. Diese Aufgabe wird durch den sog. Gemeinschaftsverkehr gelöst, bei dem noch eine besondere Sperrung der Sender vorgesehen ist, so daß immer nur eine Station mit der Zentralstelle für den Augenblick der Meldung in Verkehr steht, während die anderen Sender so lange gesperrt werden. *(Schluß folgt.)*

[4] Brückel, AEG-Mitt. 1929, S. 115; Köberich, AEG-Mitt. 1930, S. 537; El. u. Maschinenb. Bd. 48, S. 728 (1930).

Die elektrische Küche in Deutschland.

Von Dipl.-Ing. Fr. Mörtzsch, Berlin.

Übersicht. Zunehmende Verbreitung elektrischer Haushaltküchen — Zahl der Küchen 1930 um 72 % gesteigert, vorwiegend bei Werktätigen in Benutzung. Lebhafte Zunahme der Großküchen.

Daß das elektrische Kochen in den letzten Jahren in Deutschland ganz wesentliche Fortschritte gemacht hat, wird von keiner Seite bezweifelt. Nur lagen bisher keine genauen zahlenmäßigen Untersuchungen über die Verbreitung der elektrischen Herde vor. Die Vereinigung der Elektrizitätswerke hat nunmehr eine Befragung ihrer Mitgliedswerke durchgeführt, um diese Unterlagen zu beschaffen, die zweifellos für die Beurteilung der ganzen Frage von größter Bedeutung sind. In Abb. 1 ist das Ergebnis dieser Untersuchungen dargestellt. Genaue zahlenmäßige Unterlagen liegen allerdings nur für 1929 und 1930 (Stichtag 31. XII.) vor. Für die vorhergehenden Jahre konnten aber die entsprechenden Zahlen mit einem genügenden Anspruch auf Richtigkeit aus den Absatzcharakteristiken einiger Elektrizitätswerke und den Angaben einiger Lieferfirmen bestimmt werden. Allgemein ist zu bemerken, daß die Zahlen eher zu niedrig als zu hoch sind, da ja durch eine Befragung der Mitgliedswerke der VDEW natürlich nicht sämtliche in Deutschland vorhandenen Herde restlos ergriffen werden können. Eine Betrachtung der in Abb. 1 dargestellten Absatzkurven läßt nun überaus interessante Schlüsse hinsichtlich der praktischen Verwendung der einzelnen Gerätetypen zu. Die Einführung des elektrischen Kochens begann zunächst mit den sog. Haubenkochgeräten, die erstmalig im Jahre 1926 in etwas größerem Umfange benutzt wurden und auch in den nächsten Jahren eine lebhafte Weiterverbreitung erfuhren. Elektrische Plattenherde sind in größerem Umfange erst 1927 in Betrieb genommen worden. Ähnlich wie bei der Einführung des Gaskochens hat man zunächst die billigeren und einfacheren Zweiplatten-Tischherde bevorzugt. In neuester Zeit dagegen überwiegen die Vollherde, d. h. Herde mit mehreren Kochplatten und Bratofen. Die Hausfrau weiß also trotz der höheren Anschaffungskosten heute die guten Eigenschaften und das nette Aussehen des Vollherdes sehr wohl zu schätzen. Die Entwicklung hat ferner gezeigt, daß heute der Herd mit Hochleistungsplatten gegenüber den Haubenkochgeräten bevorzugt wird. Der Grund hierfür liegt zweifellos in der einfacheren Handhabung der Plattenherde. Wenn auch die kommenden Jahre eine Weiterentwicklung in diesem Sinne bringen werden, darf daraus nicht geschlossen werden, daß für alle Zeiten die selbsttätig gesteuerten Kochgeräte, Haubenkochgeräte usw. an Bedeutung verloren hätten. In späteren Zeiten, wenn das elektrische Kochen Allgemeingut weiter Bevölkerungskreise geworden sein wird, dürfte vielmehr dieser Gerätetyp wieder an Bedeutung gewinnen, zumal in solchen Fällen, in denen die Bewältigung der bei stärkerer Verbreitung des elektrischen Kochens auftretenden Mittagskochspitze auf Schwierigkeiten stößt. Als erfreuliche Tatsache muß aber besonders betont werden, daß es trotz der schwierigen wirtschaftlichen Verhältnisse im letzten Jahr gelungen ist, die Gesamtzahl der elektrischen Haushaltsküchen in Deutschland von 27 471 auf 45 153, d. h. um 72 % zu steigern.

Abb. 1. Verbreitung elektrischer Kochgeräte verschiedener Art in den Jahren 1925/30.

Von einer Reihe von Elektrizitätswerken sind auch Untersuchungen über die Verteilung der elektrischen Küchen auf die verschiedenen Bevölkerungskreise angestellt worden.

Wie nachstehende Zahlentafel zeigt, ist die elektrische Küche keineswegs das Privileg wohlhabender Kreise, sondern wird vor allem von einfacheren Bevölkerungsschichten bevorzugt.

Versorgungsgebiet	ostdeutsches Überlandwerk %	westdeutsches Überlandwerk %	süddeutsches Überlandwerk %
Werktätige	51	45	52
Angestellte und Beamte	33	24	19
Landwirte	11	21	22
wohlhabende Kreise .	5	10	7

Auffallend ist, in wie verhältnismäßig geringem Umfang elektrische Herde bei Landwirten untergebracht werden konnten, was wohl in erster Linie mit dem meist vorhandenen bäuerlichen Holzbesitz zusammenhängt. Hinsichtlich der regionalen Verteilung der Herde in Deutschland lassen sich einheitliche Feststellungen nicht treffen. Außer den Siedlungsgebieten der Großstädte ist eine besonders dichte Verbreitung aber in erster Linie im Rheinland und in Westfalen, ferner in Hessen und gewissen Gebieten Württembergs feststellbar. Auch von einem ostdeutschen Überlandwerk wurden in letzter Zeit große Erfolge erzielt.

Die Einführung des elektrischen Kochens ist natürlich an das Vorhandensein geeigneter Haushalttarife gebunden. Es ist deshalb die Feststellung überaus bedeutsam, daß heute bereits über 50 % aller in Deutschland vorhandenen Stromabnehmer in solchen Versorgungsgebieten wohnen, in denen sie bereits einen Kochstromtarif in Anspruch nehmen können. Auch eine Reihe von Großstädten, z. B. Dresden, Hamburg, München usw., hat entsprechende Kochtarife eingeführt. Die tariflichen Voraussetzungen für die Einführung des elektrischen Kochens sind deshalb z. Z. für den größten Teil Deutschlands als gegeben zu betrachten.

Auch die Heißwasserspeicher haben in den letzten Jahren ganz erheblich an Verbreitung zugenommen, wie Abb. 2 zeigt. Auch hier wurde unter Zugrundelegung der Absatzverhältnisse einiger Elektrofirmen versucht, die Entwicklung bis auf das Jahr 1925 zurück zu verfolgen. Der lebhafte Aufschwung, den das Heißwasserspeichergeschäft in den letzten Jahren erfahren hat, dürfte in erster Linie auf die einsetzende Vermietung von Heißwasserspeichern zurückzuführen sein, wobei man in einigen Städten mit gutem Erfolg auch die elektrische Energie zu Pauschalsätzen abgibt und so eine denkbar einfache Stromverrechnung erhält.

Eine nicht minder erfreuliche Entwicklung hat die Einführung der elektrischen Großküchen genommen. In Abb. 3 a ist zunächst die Zahl der elektrischen Großküchen für die einzelnen Jahre eingetragen, woraus man erkennt, daß in sechs Jahren die Zahl der elektrischen Großküchen auf das Fünfzehnfache gestiegen ist. Unter „Großküchen" im Sinne dieser Statistik sind hierbei in erster Linie gewerbliche Küchen (in Gaststätten, Kasinobetrieben, Krankenanstalten, Speisehäusern, Pensionen, Restaurants) verstanden worden und ferner Küchen in großen Villenhaushaltungen. Da die Statistik einen durchschnittlichen Anschlußwert der Küchen von 64 kW ergibt, ist deutlich erkennbar, daß es sich hier tatsächlich um verhältnismäßig große Anlagen handelt (Abb. 3 b).

Es ist nun interessant zu untersuchen, auf welche Betriebsarten sich diese Großküchen erstrecken. In Abb. 4 ist diese Unterteilung durchgeführt. Man erkennt deutlich, daß heute die Mehrzahl der elektrischen Großküchen in Gaststätten zu finden ist, und kann hieraus schließen,

daß die elektrische Großküche auch diesen zweifellos schwierigsten Betriebsverhältnissen ohne weiteres gerecht wird. Bei den Großküchen in Krankenhäusern findet man häufig, daß die Kochkessel dampfbeheizt sind, während die Herde, die Brat- und Backöfen usw. elektrische Beheizung

Abb. 2. Absatz elektrischer Heißwasserspeicher in Deutschland 1925/30.

Abb. 3a. Anzahl der elektrischen Großküchen in Deutschland 1925/30.

Abb. 3b. Anschlußwert elektrischer Großküchen in Deutschland 1925/30.

aufweisen. Diese Lösung ist wirtschaftlich in vielen Fällen die günstigste, da ja in Krankenanstalten Dampf sowieso zur Verfügung steht. Elektrische Großküchen sind heute bis zu den allergrößten Leistungen bereits ausgeführt, so z. B. im Warenhaus Karstadt, Berlin (1200 kW), in den Burgplatzgaststätten, Essen (380 kW).

Die Großküchen verteilen sich auf alle Gebiete Deutschlands, wobei allerdings eine besonders starke Verbreitung im rheinisch-westfälischen Gebiet sowie in vielen Großstädten auffällt, wie nachstehende Übersicht besonders deutlich zeigt:

Name der Stadt	Anzahl der Großküchen	Gesamtanschlußwert der Großküchen kW	Name der Stadt	Anzahl der Großküchen	Gesamtanschlußwert der Großküchen kW
Berlin . .	30	4258	Frankfurt a. M.	12	589
Köln . . .	30	2108	Münster . . .	9	721
Hamburg .	13	1553	Bonn	8	763
Königsberg	13	915	Essen	8	441
Bremen . .	10	767	Frankfurt a. O.	7	302

Erfreulich ist, daß aber auch auf dem flachen Lande, so z. B. in der Mark Brandenburg, vor allem im letzten Jahr eine große Anzahl von Großküchen in Krankenhäusern, Heilanstalten usw. aufgestellt wurde, woraus man erkennen kann, daß auch behördliche Stellen die Vorteile der elektrischen Großküche richtig einschätzen.

Abb. 4. Verteilung elektrischer Großküchen auf verschiedene Betriebsgattungen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß trotz der Ungunst der Zeit die elektrische Großküche in den letzten Jahren ganz wesentlich an Verbreitung gewonnen hat.

Der Anlauf von Käfigankermotoren.

Von Dr.-Ing. **Fr. Kade**, Berlin.

(Schluß von S. 1139.)

4. Bestimmung des Läuferstromes, den das Ständerfeld $2\,p\,v$ verursacht.

a) Allgemeine Beziehungen des Käfigankers.

Die vom Felde $2\,p\,v$ des Ständer- und Läuferstromes in der Windung $ABDCA$ (Abb. 1) induzierte Spannung sei $= u\sqrt{2}\sin\tau$, wo $\tau = \omega\, t\, s_v - \gamma$. Der Winkel γ ist uns zunächst noch unbekannt. Weiter sei der Strom:

im 1. Stabe AB: $I_{2v}\sqrt{2}\cos[\tau - \delta_1]$,

„ 2. „ CD: $I_{2v}\sqrt{2}\cos\left[\tau - \delta_1 - 2\pi\frac{p\,v}{N_2}\right]$,

„ n-ten „ : $I_{2v}\sqrt{2}\cos\left[\tau - \delta_1 - 2\pi\frac{p\,v}{N_2}(n-1)\right]$;

„ 1. Ringsegment AC: $I_{2vr}\sqrt{2}\cos[\tau - \delta_r]$,

„ 2. „ CE: $I_{2vr}\sqrt{2}\cos\left[\tau - \delta_r - 2\pi\frac{p\,v}{N_2}\right]$,

„ n-ten „ : $I_{2vr}\sqrt{2}\cos\left[\tau - \delta_r - 2\pi\frac{p\,v}{N_2}(n-1)\right]$.

Ansätze:

1. Kreis $ABDCA$:

$$u\sin\tau = I_{2v}\,r\left[\cos(\tau-\delta_1) - \cos\left(\tau - \delta_1 - 2\pi\frac{p\,v}{N_2}\right)\right]$$
$$- I_{2v}\,x\,s_v\left[\sin(\tau-\delta_1) - \sin\left(\tau - \delta_1 - 2\pi\frac{p\,v}{N_2}\right)\right]$$
$$+ 2\,I_{2vr}\,r_r\cos(\tau-\delta_r) - 2\,I_{2vr}\,x_r\,s_v\sin(\tau-\delta_r);$$

2. Ströme im Punkt C:

$$I_{2v}\cos\left(\tau - \delta_1 - 2\pi\frac{p\,v}{N_2}\right)$$
$$= I_{2vr}\left[\cos\left(\tau - \delta_r - 2\pi\frac{p\,v}{N_2}\right) - \cos(\tau-\delta_r)\right].$$

Dies ausgewertet, ergibt folgende Beziehungen:

$$\left.\begin{aligned} I_{2v}\,Z' &= u\sin\pi\frac{p\,v}{N_2}, \quad I_{2vr}\,Z' = \frac{u}{2}, \\ \operatorname{tg}(180^\circ - \delta_r) &= \frac{R_v}{X_v\,s_v}, \quad \delta_r - \delta_1 = \pi\frac{p\,v}{N_2} - 90^\circ; \end{aligned}\right\} \quad (19)$$

$$u\sqrt{2}\sin\tau = 2\sqrt{2}\,I_{2vr}\,[R_v\cos(\tau-\delta_r) - X_v s_v \sin(\tau-\delta_r)]. \quad (20)$$

Kupferverlust infolge der Ströme I_{2v} und I_{2vr}

$$= \frac{N_2 R_v I_{2v}^2}{2\sin^2\pi\frac{p\,v}{N_2}}. \quad (21)$$

Hierin ist:

$$Z'^2 = R_v^2 + s_v^2 X_v^2, \quad R_v = r_r + 2\,r\sin^2\pi\frac{p\,v}{N_2},$$

$$X_v = x_r + 2\,x\sin^2\pi\frac{p\,v}{N_2}.$$

b) Bestimmung des Stromes I_{2v}.

Auf den Raum *1)* [$ABDCA$] (Abb. 1) wirken die Läufer-Amperewindungen $I_{2vr}\sqrt{2}\cos(\tau-\delta_r)$. Also:

magnetische Dichte in dem Raume:

$$0{,}4\sqrt{2}\,\pi\frac{I_{2vr}}{\delta}\cos(\tau-\delta_r),$$

magnetischer Fluß in dem Raume:

$$0{,}1\sqrt{2}\,\pi^2\frac{D\,l_a}{\delta\,N_2}\,I_{2vr}\cos(\tau-\delta_r).$$

Daher: Läuferstrom im n-ten Stabe zur Zeit t, vom Ständerfelde $2\,p\,v$ verursacht [Stabnumerierung nach Abb. 1]:

$$I_{2v}\sqrt{2}\cos\left(\tau-\delta_1-2\pi\frac{p\,v}{N_2}(n-1)\right) = \frac{-A_{2v}I_1}{Z_{2v}}$$
$$\times\sin^2\pi\frac{p\,v}{N_2}\cos\left[\omega\,t\,s_v - p\,v\,\alpha_{20} - \gamma_v - 2\pi\frac{p\,v}{N_2}(n-1)\right]. \quad (7)$$

Ebenso Ringstrom:

$$I_{2vr}\sqrt{2}\cos\left(\tau-\delta_r-2\pi\frac{p\,v}{N_2}(n-1)\right) = \frac{A_{2v}I_1}{2\,Z_{2v}}$$
$$\times\sin\pi\frac{p\,v}{N_2}\sin\left[\omega\,t\,s_v - p\,v\,\alpha_{20} - \gamma_v - 2\pi\frac{p\,v}{N_2}\left(n-\frac{1}{2}\right)\right]. \quad (24)$$

5. Zerlegung des vom Strom I_{2v} (und I_{2r}) erzeugten magnetischen Feldes in sinusförmige Drehfelder der Polzahl $2\,w$.

I_{2vrn} [Gl. (20)] = Amperewindungen des Läuferstromes im Raume n (Abb. 1). Für H_n in Formel (18) ist I_{2vrn} zu setzen. $x_1 = \frac{2\pi}{N_2}$. Also:

Raum	x_2	y Formel (18)
1	0	$I_{2vr_1}\left[\frac{1}{N_2}+\frac{2}{\pi}\sum\left\{\frac{1}{w}\sin\pi\frac{w}{N_2}\cos w\left(\alpha_2-\frac{\pi}{N_2}\right)\right\}\right]$
2	$\frac{2\pi}{N_2}$	$I_{2vr_2}\left[\frac{1}{N_2}+\frac{2}{\pi}\sum\left\{\frac{1}{w}\sin\pi\frac{w}{N_2}\cos w\left(\alpha_2-\frac{\pi}{N_2}-\frac{2\pi}{N_2}\right)\right\}\right]$
n	$\frac{2\pi}{N_2}(n-1)$	$I_{2vrn}\left[\frac{1}{N_2}+\frac{2}{\pi}\sum\left\{\frac{1}{w}\sin\pi\frac{w}{N_2}\cos w\left(\alpha_2-\frac{\pi}{N_2}-\frac{2\pi}{N_2}(n-1)\right)\right\}\right]$
N_2	$\frac{2\pi}{N_2}(N_2-1)$	$I_{2vrN_2}\left[\frac{1}{N_2}+\frac{2}{\pi}\sum_w\left\{\frac{1}{w}\sin\pi\frac{w}{N_2}\cos w\left(\alpha_2-\frac{\pi}{N_2}-\frac{2\pi}{N_2}(N_2-1)\right)\right\}\right]$.

Dieser Fluß induziert in der Windung $ABDCA$ die Spannung:

$$U_{2v} = 2\,A_3\,I_{2vr}\,s_v\sqrt{2}\sin(\tau-\delta_r), \quad \text{wo } A_3 = 2\,\pi^2.10^{-9}\,\frac{\omega\,D\,l_a}{\delta\,N_2}.$$

Nach Gl. (20):

$$U_{1v}+U_{2v} = U_{1v} + 2\,A_3\,I_{2vr}\,s_v\sqrt{2}\sin(\tau-\delta_r)$$
$$= 2\,I_{2vr}\sqrt{2}\,[R_v\cos(\tau-\delta_r) - X_v\,s_v\sin(\tau-\delta_r)].$$
$$U_{1v} = 2\,I_{2vr}\sqrt{2}\,[R_v\cos(\tau-\delta_r) - s_v(X_v - A_3)\sin(\tau-\delta_r)].$$

Setze:

$$\left.\begin{aligned} R_v &= Z_{2v}\cos\gamma_v, \quad s_v(X_v+A_3) = Z_{2v}\sin\gamma_v, \\ Z_{2v}^2 &= R_v^2 + s_v^2(X_v+A_3)^2, \quad \operatorname{tg}\gamma_v = \frac{s_v(X_v+A_3)}{R_v} \end{aligned}\right\}; \quad (22)$$

Demnach Gesamtwirkung aller Läuferströme:

$$A\,W_{2v} = \frac{\sqrt{2}}{N_2}\,I_{2vr}\sum 1) + \frac{2\sqrt{2}}{\pi}\,I_{2vr}\sum\left\{\frac{1}{w}\sin\pi\frac{w}{N_2}\sum 2)\right\}.$$

Hierin ist:

$$\frac{\sqrt{2}}{N_2}\,I_{2vr}\sum_n 1)$$

$$= \frac{\sqrt{2}}{N_2}\,I_{2vr}\sum_{n=1}^{N_2}\left[\sin\left(\omega\,t\,s_v - p\,v\,\alpha_{20} - \gamma_v + \pi\frac{p\,v}{N_2} - 2\pi\frac{p\,v}{N_2}\,n\right)\right];$$

dies ist stets gleich 0.

$$\sum_n 2) = \sum_{n=1}^{n=N_2}\left[\sin\left(\omega\,t\,s_v - p\,v\,\alpha_{20} - \gamma_v + \pi\frac{p\,v}{N_2} - 2\pi\frac{p\,v}{N_2}\,n\right)\cos\left(\alpha_2\,w + \pi\frac{w}{N_2} - 2\pi\frac{w}{N_2}\,n\right)\right];$$

dies entwickelt und eingesetzt, gibt:

$$A\,W_{2v} = \frac{A_{2v}I_1}{\pi\,Z_{2v}}\sin\pi\frac{p\,v}{N_2}\sum_w\left\{\frac{1}{2\,w}\sin\pi\frac{w}{N_2}\left[\frac{\sin\pi(p\,v+w)}{\sin\pi\frac{p\,v+w}{N_2}}\sin(\omega\,t\,s_v - p\,v\,\alpha_{20} - \gamma_v - \pi\,p\,v + w(\alpha_2-\pi))\right.\right.$$
$$\left.\left. + \frac{\sin\pi(p\,v-w)}{\sin\pi\frac{p\,v-w}{N_2}}\sin(\omega\,t\,s_v - p\,v\,\alpha_{20} - \gamma_v - \pi\,p\,v - w(\alpha_2-\pi))\right]\right\},$$

also:

$$U_{1v} = 2\sqrt{2}\,I_{2vr}\,Z_{2v}\cos(\tau-\delta_r+\gamma_v)$$
$$= A_{2v}I_1\sin\pi\frac{p\,v}{N_2}\sin\left[\omega\,t\,s_v - p\,v\left(\alpha_{20}+\frac{\pi}{N_2}\right)\right].$$

Hieraus:

$$I_{2vr} = \frac{A_{2v}I_1}{2\sqrt{2}\,Z_{2v}}\sin\pi\frac{p\,v}{N_2},$$

$$\text{nach (19):} \quad I_{2v} = \frac{A_{2v}I_1}{\sqrt{2}\,Z_{2v}}\sin^2\pi\frac{p\,v}{N_2} \quad \text{[Effektivwerte].} \quad (23)$$

Ferner:

$$\tau-\delta_r+\gamma_v = \omega\,t\,s_v - p\,v\left(\alpha_{20}+\frac{\pi}{N_2}\right) - 90°,$$

$$\text{also:} \quad \tau-\delta_r = \omega\,t\,s_v - p\,v\left(\alpha_{20}+\frac{\pi}{N_2}\right) - \gamma_v - 90°,$$

$$\tau-\delta_1 = \tau-\delta_r+\delta_r-\delta_1 = \omega\,t\,s_v - p\,v\,\alpha_{20} - \gamma_v - 180°.$$

$p\,v \pm w$ ist stets eine ganze Zahl. Also $\sin\pi(p\,v\pm w)$ stets = 0. Also auch $A\,W_{2v} = 0$, wenn nicht auch:

$$\sin\pi\frac{p\,v\pm w}{N_2} = 0,$$

d. h. $\frac{p\,v\pm w}{N_2}$ = einer ganzen Zahl g wird. In diesem Falle wird:

$$\frac{\sin\pi(p\,v\pm w)}{\sin\pi\frac{p\,v\pm w}{N_2}} = \frac{\sin\pi\,g\,N_2}{\sin\pi\,g} = N_2[-1]^{g(N_2+1)}. \quad (6)$$

In Zahlentafel 1 sind die sich hiernach ergebenden Möglichkeiten zusammengestellt.

g bedeutet eine ganze, u eine gebrochene Zahl.

Zahlentafel 1.

Fall	$\frac{p\,v}{N_2}$	$\frac{w}{N_2}$	$\frac{p\,v+w}{N_2}$	$\frac{p\,v-w}{N_2}$	$\sin\pi\frac{p\,v}{N_2}$	$\sin\pi\frac{w}{N_2}$	$\sin\pi\frac{p\,v+w}{N_2}$	$\sin\pi\frac{p\,v-w}{N_2}$	$A\,W_{2vw}$
1	g_1	u	u	u	0	$\neq 0$	$\neq 0$	$\neq 0$	$=0$
2	u	g_2	u	u	$\neq 0$	0	$\neq 0$	$\neq 0$	$=0$
3	u	u	g_3	u	$\neq 0$	$\neq 0$	0	$\neq 0$	$\frac{A_{2v}\,I_1\,N_2}{2\pi\,w\,Z_{2v}}(-1)^{g_3}\sin\pi\frac{p\,v}{N_2}\sin\pi\frac{w}{N_2} \times\sin[\omega\,t\,s_v-p\,v\,\alpha_{20}-\gamma_v+\alpha_2\,w]$
4	u	u	u	g_4	$\neq 0$	$\neq 0$	$\neq 0$	0	$\frac{A_{2v}\,I_1\,N_2}{2\pi\,w\,Z_{2v}}(-1)^{g_4}\sin\pi\frac{p\,v}{N_2}\sin\pi\frac{w}{N_2} \times\sin[\omega\,t\,s_v-p\,v\,\alpha_{20}-\gamma_v-\alpha_2\,w]$
5	g_1	g_2	g_1+g_2	g_1-g_2	0	0	0	0	$=0$
6	$2g_1+{}^1/_2$	$2g_2+{}^1/_2$	$2g+1$	$2g$	$+1$	$+1$	0	0	$\frac{A_{2v}\,I_1\,N_2}{2\pi\,w\,Z_{2v}}[-\sin(\omega\,t\,s_v-p\,v\,\alpha_{20}-\gamma_v+\alpha_2\,w)$
7	$2g_1-{}^1/_2$	$2g_2-{}^1/_2$	$2g-1$	$2g$	-1	-1	0	0	$+\sin(\omega\,t\,s_v-p\,v\,\alpha_{20}-\gamma_v-\alpha_2\,w)]$
8	$2g_1+{}^1/_2$	$2g_2-{}^1/_2$	$2g$	$2g+1$	$+1$	-1	0	0	$-\frac{A_{2v}\,I_1\,N_2}{2\pi\,w\,Z_{2v}}[\sin(\omega\,t\,s_v-p\,v\,\alpha_{20}-\gamma_v+\alpha_2\,w)$
9	$2g_1-{}^1/_2$	$2g_2+{}^1/_2$	$2g$	$2g-1$	-1	$+1$	0	0	$-\sin(\omega\,t\,s_v-p\,v\,\alpha_{20}-\gamma_v-\alpha_2\,w)]$

Fall 3 und 4. Diese zwei Fälle sind identisch. Ist $w=N_2\,g-p\,v$ und $g=0,\pm1,\pm2,\ldots$, so wird (bezogen auf die Ortszählung des Läufers):

$$\mathfrak{B}_w=0{,}2\frac{A_{2v}\,N_2}{\delta\,Z_{2v}}\,I_1\sin^2\pi\frac{p\,v}{N_2}\,\frac{1}{p\,v-N_2\,g}\times\sin[\omega\,t\,s_v-p\,v\,\alpha_{20}-\gamma_v-\alpha_2(p\,v-N_2\,g)]\,. \quad (25)$$

Auf den Ständer bezogen, wird dies, da

$$\alpha_1=\alpha_2+\alpha_{20}+\frac{\omega\,t}{p}(1-s_1)$$

ist, zu:

$$\mathfrak{B}_w=0{,}2\frac{A_{2v}\,N_2}{\delta\,Z_{2v}}\,I_1\sin^2\pi\frac{p\,v}{N_2}\,\frac{1}{p\,v-N_2\,g}\times\sin\left[\omega\,t\left(k-\frac{N_2\,g}{p}(1-s_1)\right)-N_2\,g\,\alpha_{20}-\gamma_v-\alpha_1(p\,v-N_2\,g)\right]. \quad (8)$$

Das Feld $2\,w$ wirkt also auf den Ständer mit der Frequenz $f\left[k-\frac{N_2\,g}{p}(1-s_1)\right]$, auf den Läufer mit $f\,s_v$. Es hat $p\,v-N_2\,g$ Polpaare. Es läuft wie das Grundfeld (bzw. gegen das Grundfeld) um, wenn $\frac{k-\frac{N_2\,g}{p}(1-s_1)}{p\,v-N_2\,g}$ positiv (bzw. negativ) ist. k ist der Wert ±1 aus der Beziehung: $v=6\,a+k$.

Die zeitliche Phasenverschiebung zwischen den Strömen und Spannungen benachbarter Stäbe ist für das Feld $2\,w$:

$$\frac{2\pi\,w}{N_2}=2\pi\,g-2\pi\frac{p\,v}{N_2}\,.$$

Also: Dieser Winkel ist für die w-Felder der Reihe $g=0$ dem des erzeugenden v-Feldes gleich. Für die Reihe $g=\pm1,\pm2,\pm g$ ist er ebenfalls gleich dem Winkel des v-Feldes, vermehrt um $2\pi\cdot1$, $2\pi\cdot2$, $2\pi\cdot g$. Hier zeigt sich der physikalische Sinn der Gl. (6).

Fall 6 ... 9. Auch diese vier Fälle haben eine gemeinsame Lösung. Hier ergeben sich zwei gleichgroße, gleichpolige, gegenläufige Drehfelder, also — vom Läufer her gesehen — ein Wechselfeld. Die Bedingung für das Zustandekommen dieses Falles ist:

$$2\,p\,v=N_2[4\,g\pm1]\,;\quad\text{d. h.}\quad N_2=\frac{2\,p\,v}{\text{ungerade Zahl }1,3,\ldots}\,;$$

also in erster Linie $N_2=2\,p\,v$.

Beispiel: $p=2$, $N_2=28$; also für das 7. Oberfeld: $2\,p\,v=28$. Es wird:

$$w=N_2\,g-p\,v=28\,g-14=-14\quad+14\quad+42\quad+70$$
$$\text{für } g=\quad 0\qquad 1\qquad 2\qquad 3\,.$$

Mit anderen Worten: Die Läuferwicklung ist einphasig kurzgeschlossen für jedes Feld, das 28 Pole oder ein ungerades Vielfaches davon besitzt. Die Ströme I_{2v} in benachbarten Stäben haben dann 180° Phasenunterschied.

6. Drehmoment M_v des v-ten Oberfeldes.

Gl. (21) und (23) kombiniert, gibt:

$$V_{Ku,v}=\frac{N_2\,R_v\,A_{2v}^2\,I_1^2}{4\,Z_{2v}^2}\sin^2\pi\frac{p\,v}{N_2}$$

$$M_v=\frac{p\,v\,V_{Ku,v}}{9{,}81\,\omega\,s_v}=\frac{N_2\,p\,I_1^2\,v\,R_v\,A_{2v}^2}{4\,.\,9{,}81\,\omega\,s_v\,Z_{2v}^2}\sin^2\pi\frac{p\,v}{N_2}$$

$$\frac{M_v}{M_1}=\frac{A_{1v}^2\sin^2\pi\frac{p\,v}{N_2}\,R_v\,s_v\,Z_{21}^2}{v\,A_{11}^2\sin^2\pi\frac{p}{N_2}\,R_1\,s_1\,Z_{2v}^2}\,. \quad (10)$$

7. Verhältnis: Höchstes Bremsmoment eines zum Grundfelde gleichsinnigen Oberfeldes zum Moment des Grundfeldes.

Formel (10), ausmultipliziert, wird:

$$\frac{M_v}{M_1}=\frac{A_{1v}^2\sin^2\pi\frac{p\,v}{N_2}}{v\,A_{11}^2\sin^2\pi\frac{p}{N_2}}\;\frac{R_1\left[\frac{1}{s_1}+s_1\left(\frac{X_1+A_3}{R_1}\right)^2\right]}{R_v\left[\frac{1}{s_v}+s_v\left(\frac{X_v+A_3}{R_v}\right)^2\right]}\,.$$

Da hier nur die Felder $v=6\,a+1$ betrachtet werden, ist $s_v=+1-v(1-s_1)$. Zur Vereinfachung wird nun angenommen, daß der Schlupf $s_1=s_{1m}$, bei dem M_v seinen negativen Höchstwert erreicht, von dem Quotienten $\frac{X_v+A_3}{R_v}$ unabhängig sei. Dann wird M_v/M_1 bei dem Wert von s_v ein negatives Maximum, bei dem

$$\frac{1}{s_v}+s_v\left[\frac{X_v+A_3}{R_v}\right]^2$$

ein Minimum wird. Hieraus:

$$s_{vm}=-\frac{R_v}{X_v+A_3}\,;\qquad\frac{1}{s_{vm}}+s_{vm}\left[\frac{X_v+A_3}{R_v}\right]^2=-2\frac{X_v+A_3}{R_v}\,;$$

$$s_{1m}=1-\frac{1-s_{vm}}{v}=1-\frac{1}{v}-\frac{R_v}{v(X_v+A_3)}\,;$$

$$\frac{M_{vm}}{M_1}=\frac{-A_{1v}^2\sin^2\pi\frac{p\,v}{N_2}}{2\,v\,A_{11}^2\sin^2\pi\frac{p}{N_2}}\times\frac{X_1+A_3}{X_v+A_3}\left[\frac{R_1}{s_{1m}(X_1+A_3)}+\frac{s_{1m}(X_1+A_3)}{R_1}\right]. \quad (11)$$

8. Rüttelkräfte.

a) Allgemeine Theorie.

Im Motor seien 2 Felder (Ständer- oder Läuferfelder) vorhanden, mit den auf den Läufer bezogenen Gleichungen:

$$\mathfrak{B}_{w_1}=\mathfrak{B}_1\sin[\omega\,t\,s_{v_1}+\psi_1+\alpha_2\,w_1]$$

und

$$\mathfrak{B}_{w_2}=\mathfrak{B}_2\sin[\omega\,t\,s_{v_2}+\psi_2+\alpha_2\,w_2]\,.$$

Also resultierende Dichte an Stelle $\alpha_2=\mathfrak{B}_{w_1}+\mathfrak{B}_{w_2}$; resultierende Dichte an Stelle $(\pi+\alpha_2)=[-1]^{w_1}\,\mathfrak{B}_{w_1}+[-1]^{w_2}\,\mathfrak{B}_{w_2}$.

Die auf den Läufer wirkende Kraft am Umfangsteil $\frac{D}{2}\,d\alpha_2$ ist:

$$\text{an Stelle }\alpha_2\text{: } d\,P_{\alpha_2}=\frac{10^{-5}\,D\,l_a}{16\pi\,.\,9{,}81}[\mathfrak{B}_{w_1}+\mathfrak{B}_{w_2}]^2\,d\,\alpha_2\text{ kg}$$

an Stelle $(\pi+\alpha_2)$:

$$d\,P'_{\alpha_2}=\frac{10^{-5}\,D\,l_a}{16\pi\,.\,9{,}81}\left[(-1)^{w_1}\mathfrak{B}_{w_1}+(-1)^{w_2}\mathfrak{B}_{w_2}\right]^2 d\,\alpha_2\,.$$

Also Summe beider Kräfte in Richtung des Strahles am Orte α_2

$$d P_{\alpha_2} - d P'_{\alpha_2}$$

$$= d P' = \frac{10^{-5} D\, l_a}{16\,\pi \,.\, 9{,}81}\, 2\, \mathfrak{B}_{w_1} \mathfrak{B}_{w_2} \left[1 - (-1)^{w_1 + w_2}\right] d\,\alpha_2 .$$

Also: Ist $w_1 + w_2$ eine gerade Zahl, so wird $d P' = 0$.

Ist aber einer der Werte gerade, der zweite ungerade, so wird:

$$d P' = \frac{10^{-5} D\, l_a}{8\,\pi \,.\, 9{,}81}\, \mathfrak{B}_1 \mathfrak{B}_2$$

$$\times \left[\cos\left[\omega\, t\,(s_{v_1} - s_{v_2}) + \psi_1 - \psi_2 + \alpha_2 (w_1 - w_2)\right] - \cos\left[\omega\, t\,(s_{v_1} + s_{v_2}) + \psi_1 + \psi_2 + \alpha_2 (w_1 + w_2)\right]\right] d\,\alpha_2 .$$

Dies ist der Ausdruck zweier Kräfte, deren jede die Form hat:

$$P_0 \cos\left[\omega_0\, t + \psi_0 + \alpha_2\, w_0\right] d\,\alpha_2 .$$

Der Höchstwert dieser Kraft liege nun zur Zeit $t = t_0$ in der Achse α_0. Also $\alpha_0 = -\dfrac{\omega_0\, t_0 + \psi_0}{w_0}$; also Kraft auf den ganzen Läufer zur Zeit t_0 (Abb. 6):

dP′ dP″ $\alpha_2 - \alpha_0$ α_0

Abb. 6.

$$\int_{\alpha_0 - \frac{\pi}{2}}^{\alpha_0 + \frac{\pi}{2}} d P' \cos(\alpha_2 - \alpha_0) = \frac{P_0}{2} \int_{\alpha_0 - \frac{\pi}{2}}^{\alpha_0 + \frac{\pi}{2}} \left[\cos\left[\omega_0 t_0 + \psi_0 + \alpha_0 + \alpha_2 (w_0 - 1)\right] + \cos\left[\omega_0 t_0 + \psi_0 - \alpha_0 + \alpha_2 (w_0 + 1)\right]\right] d\,\alpha_2 .$$

Es war nun Bedingung: $w_0 = w_1 \pm w_2$ ungerade. Also ist $w_0 \pm 1$ gerade. Also werden diese zwei Integrale $= 0$, wenn nicht $w_0 \mp 1 = 0$ oder $w_0 = \pm 1$ wird. Dann wird:

$$\int_{\alpha_0 - \frac{\pi}{2}}^{\alpha_0 + \frac{\pi}{2}} d P' \cos(\alpha_2 - \alpha_0) = \frac{P_0}{2} \int_{\alpha_0 - \frac{\pi}{2}}^{\alpha_0 + \frac{\pi}{2}} \cos(\omega_0 t_0 + \psi_0 \pm \alpha_0)\, d\,\alpha_2$$

$$= \frac{\pi}{2} P_0 \cos\left[\omega_0 t_0 + \psi_0 \pm \alpha_0\right],$$

und da $\alpha_0 = \mp [\omega_0 t_0 + \psi_0]$ ist (da ja $w_0 = \pm 1$), so folgt: Falls $w_0 = w_1 \pm w_2 = \pm 1$ ist, wird die Kraft auf den ganzen Läufer $= \dfrac{10^{-5} D\, l_a}{16 \,.\, 9{,}81} \mathfrak{B}_1 \mathfrak{B}_2$, zur Zeit t_0 in Achse α_0 wirkend. Allgemein gilt:

$$\left.\begin{array}{llll} \text{wenn} & w_1 + w_2 = +1 \text{ ist, wird die Kraft} & = & P_m \cos\left[\omega\, t\,(s_{v_1} + s_{v_2}) + \psi_1 + \psi_2 + \alpha_2\right] \\ & w_1 + w_2 = -1 & = & P_m \cos\left[\omega\, t\,(s_{v_1} + s_{v_2}) + \psi_1 + \psi_2 - \alpha_2\right] \\ & w_1 - w_2 = +1 & = - & P_m \cos\left[\omega\, t\,(s_{v_1} - s_{v_2}) + \psi_1 - \psi_2 + \alpha_2\right] \\ & w_1 - w_2 = -1 & = - & P_m \cos\left[\omega\, t\,(s_{v_1} - s_{v_2}) + \psi_1 - \psi_2 - \alpha_2\right] \end{array}\right\}, \qquad (12)$$

wo

$$P_m = 0{,}064\, D\, l_a \frac{\mathfrak{B}_1}{1000} \frac{\mathfrak{B}_2}{1000} \text{ kg ist.} \qquad (27)$$

b) Bestimmung der Drehzahl der Rüttelkraft gegen die Welle.

Es sei:

$$w_1 = N_2\, g_1 - p\, v_1 ; \quad s_{v_1} = k_1 - v_1 (1 - s_1) ;$$

$$\mathfrak{B}_{w_1} = \mathfrak{B}_1 \sin\left[\omega\, t\, s_{v_1} + \psi_1 + \alpha_2\, w_1\right] ;$$

$$w_2 = N_2\, g_2 - p\, v_2 ; \quad s_{v_2} = k_2 - v_2 (1 - s_1) ;$$

$$\mathfrak{B}_{w_2} = \mathfrak{B}_2 \sin\left[\omega\, t\, s_{v_2} + \psi_2 + \alpha_2\, w_2\right] .$$

Haben die Quotienten s_{v_1}/w_1 und s_{v_2}/w_2 dasselbe Vorzeichen, so laufen beide Felder im gleichen Sinne gegen den Läufer um.

Fall 1: $w_1 - w_2 = \pm 1 = N_2 (g_1 - g_2) - p\,(v_1 - v_2)$. Also:

$$s_{v_1} - s_{v_2} = [k_1 - k_2] - [1 - s_1]\,[v_1 - v_2]$$

$$= [k_1 - k_2] - [1 - s_1] \frac{1}{p} [N_2 (g_1 - g_2) \mp 1] .$$

$f\,[s_{v_1} - s_{v_2}]$ = sekundliche Drehzahl der Rüttelkraft gegen die Welle (1[illegible])

Fall 2: $w_1 + w_2 = \pm 1 = N_2 (g_1 + g_2) - p\,(v_1 + v_2)$. Also:

$$s_{v_1} + s_{v_2} = [k_1 + k_2] - [1 - s_1]\,[v_1 + v_2]$$

$$= [k_1 + k_2] - [1 - s_1] \frac{1}{p} [N_2 (g_1 + g_2) \mp 1] ,$$

$f\,[s_{v_1} + s_{v_2}]$ = sekundliche Drehzahl der Rüttelkraft gegen die Welle (1[illegible])

Hieraus folgt:

1. Da v_1 und v_2 ungerade sind, sind $v_1 \pm v_2$ gerade. Also muß $N_2\,[g_1 \pm g_2] = p\,[v_1 \pm v_2] \pm 1$ ungerade sein. Daher müssen sowohl N_2 als auch $g_1 \pm g_2$ ungerade sein. Ist also die Ständerwicklung symmetrisch, so kann eine Rüttelkraft nur bei ungerader Läufernutenzahl auftreten.

2. Die Kräfte von Felderpaaren, die alle aus denselben zwei g-Reihen stammen, und deren aus einer dieser zwei g-Reihen abgeleitete Felder alle denselben k-Wert (+1 oder −1) besitzen, haben gegen die Welle dieselbe Drehzahl. Also auch hier wirkt stets eine Reihe von Paaren zusammen.

3. In der Gleichung: $v_1 \pm v_2 = \dfrac{1}{p}\,[N_2\,(g_1 \pm g_2) \pm 1]$ ist **das** Vorzeichen vor der 1 zu benutzen, mit dem der Ausdruck rechts eine gerade Zahl wird. Ergibt sich dies weder mit +1 noch mit −1, so treten in der hier betrachteten g-Reihen-Kombination keine Rüttelkräfte auf.

Ist v_1	v_2	$v_1 - v_2$	$v_1 + v_2$	k_1	k_2	so ist $s_{v_1} - s_{v_2}$	$s_{v_1} + s_{v_2}$
$6\,a_1 + 1$	$6\,a_2 + 1$	$6\,a$	$6\,a + 2$	$+1$	$+1$	$-6\,a + s_1 \,.\, 6\,a$	$-6\,a + s_1 (6\,a + 2$
$6\,a_1 + 1$	$6\,a_2 - 1$	$6\,a + 2$	$6\,a$	$+1$	-1	$-6\,a + s_1 (6\,a + 2)$	$-6\,a + s_1 \,.\, 6\,a$
$6\,a_1 - 1$	$6\,a_2 + 1$	$6\,a - 2$	$6\,a$	-1	$+1$	$-6\,a + s_1 (6\,a - 2)$	$-6\,a + s_1 \,.\, 6\,a$
$6\,a_1 - 1$	$6\,a_2 - 1$	$6\,a$	$6\,a - 2$	-1	$-1,$	$-6\,a + s_1 \,.\, 6\,a$	$-6\,a + s_1 (6\,a - 2$

Beispiel: $p = 3$, $N_3 = 43$, $v_1 - v_2 = \dfrac{1}{3}\,[43\,(g_1 - g_2) \mp 1]$, $v_1 + v_2 = \dfrac{1}{3}\,[43\,(g_1 + g_2) \mp 1]$.

Ist									
$g_1 =$	1	2	3	4	5	3	4	5	5
$g_2 =$	0	1	2	3	4	0	1	2	0,
so ist $v_1 - v_2 =$			$14 = 6 \,.\, 2 + 2$			keine Lösung, da $^1/_3\,[43 \,.\, 3 \pm 1]$			72
$s_{v_1} - s_{v_2} =$			$14\, s_1 - 12$			keine gerade Zahl gibt			$72 (s_1 - 1$
$v_1 + v_2 =$	14	—	72	100	—	—	72	100	72
$s_{v_1} + s_{v_2} =$	$14\, s_1 - 12$	—	$72\,(s_1 - 1)$	$100\, s_1 - 102$	—	—	$72\,(s_1 - 1)$	$100\, s_1 - 102$	$72\,(s_1 - 1$

Ist also die Netzfrequenz $f = 50$, so haben alle Rüttelkräfte von Felderpaaren aus den Reihen $g_1 = +1$ und $g_2 = 0$ (z. B. die Paare $w_1 = 43 - 3 \,.\, 13 = 4$ und $w_2 = -3 \,.\, 1 = -3$, $w_1 = 43 - 3 \,.\, 7 = 22$ und $w_2 = -3 \,.\, 7 = -21$ und $w_1 = 43 - 3 \,.\, 1 = 40$ und $w_2 = -3 \,.\, 13 = -39$) eine sekundliche Drehzahl von $50\,[14\, s_1 - 12]$ gegen die Welle. Ein Motor mit dieser Nuten- und Polzahl heulte bei $s_1 = 0{,}47$ und $s_1 = 1{,}25$. Hierbei hatte demnach die Kraft $50\,[14 \,.\, 0{,}47 - 12] = -271$ bzw. $50\,[14 \,.\, 1{,}25 - 12] = +275$ U/s zur Welle. Auch aus der Tonhöhe ergab sich dieselbe Schwingungszahl.

9. Drehmomentsättel infolge von Synchronismus zweier Oberfelder.

Aus Formel (8) (Dichte eines von einem Läuferstrom I_{2v} erzeugten Feldes mit $2\,w$ Polen zur Zeit t am Orte α_1) folgt:

Frequenz des Feldes gegen den Ständer:

$$f\left[k - \frac{N_2\, g}{p}\,(1 - s_1)\right] = f_w , \quad \text{Polpaarzahl: } w = p\, v - N_2\, g .$$

Also Drehzahl gegen den Ständer:

$$n_w = \frac{60\, f_w}{w} = 60\, f \frac{k - \frac{N_2\, g}{p}\,(1 - s_1)}{p\, v - N_2\, g} = \frac{k\, p\, n_1 - N_2\, g\, n_1}{p\, v - N_2\, g}$$

Es mögen nun zwei Felder gleicher Polzahl gegen den Ständer synchron laufen, u. zw.:

1. ein Ständerfeld: Polpaarzahl: $p v_1$, Drehzahl: $\frac{k_1 n_1}{v_1}$,
$$v_1 = 6 a_1 + k_1;$$
2. ein Läuferfeld: Polpaarzahl: $w = p v_2 - N_2 g$,
$$\text{Drehzahl: } n_w = \frac{k_2 p n_1 - N_2 g n_2}{p v_2 - N_2 g}, \quad v_2 = 6 a_2 + k_2.$$

Also Bedingungsgleichungen:

a) $\pm p v_1 = p v_2 - N_2 g, \quad N_2 g = p [v_2 \mp v_1]$;

b) $\frac{k_1 n_1}{v_1} = \frac{k_2 p n_1 - N_2 g n_2}{p v_2 - N_2 g} = \frac{k_2 p n_1 - N_2 g n_2}{\pm p v_1}$;

also:
$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{p [k_2 \mp k_1]}{N_2 g}. \tag{15}$$

Die $\mp$-Zeichen in diesen Formeln sind sich jeweils zugeordnet.

Beispiel:
$$p = 2, \quad N = 16, \quad \text{also } \frac{n_2}{n_1} = \frac{k_2 \mp k_1}{8 g},$$
$$8 g = v_2 \mp v_1, \quad n_w = \frac{3000 k_2 - 16 g n_2}{2 v_2 - 16 g}.$$

Aus der Formel für n_w folgt, daß $n_w = 0$ wird für $n_2 = \frac{3000 k_2}{16 g}$, d. h. auch hier zeigen die Läuferfelder gruppenweise gleiches Verhalten.

Für alle Felder mit

$k_2 = +1, \; g = +1$ bzw. $k_2 = -1, \; g = -1$ ist $n_w = 0$ für $n_2 = +187{,}5$;

$k_2 = +1, \; g = -1$ bzw. $k_2 = -1, \; g = +1$ ist $n_w = 0$ für $n_2 = -187{,}5$ usf.

$I_{nt} = I_n \sqrt{2} \cos [\omega t s_{v_1} - \chi]$

$$= I_{2v_1} \sqrt{2} \cos \left[\omega t s_{v_1} - p v_1 \alpha_{20} - \gamma_{v_1} - 2\pi \frac{p v_1}{N_2} (n-1)\right]$$
$$+ I_{2v_2} \sqrt{2} \cos \left[\omega t s_{v_1} k' - p v_2 \alpha_{20} - \gamma_{v_2} - 2\pi \frac{p v_2}{N_2} (n-1)\right],$$

also:
$$\mathfrak{B}_n \cos \psi = A_{1v_1} I_1 \cos p v_1 \left(\alpha_{20} + \frac{2\pi}{N_2} (n-1)\right) + A_{1v_2} I_1 \cos p v_2 \left(\alpha_{20} + \frac{2\pi}{N_2} (n-1)\right),$$
$$\mathfrak{B}_n \sin \psi = A_{1v_1} I_1 \sin p v_1 \left(\alpha_{20} + \frac{2\pi}{N_2} (n-1)\right) + k' A_{1v_2} I_1 \sin p v_2 \left(\alpha_{20} + \frac{2\pi}{N_2} (n-1)\right),$$
$$I_n \cos \chi = I_{2v_1} \cos \left[p v_1 \left(\alpha_{20} + \frac{2\pi}{N_2} (n-1)\right) + \gamma_{v_1}\right] + I_{2v_2} \cos \left[p v_2 \left(\alpha_{20} + \frac{2\pi}{N_2} (n-1)\right) + \gamma_{v_2}\right],$$
$$I_n \sin \chi = I_{2v_1} \sin \left[p v_1 \left(\alpha_{20} + \frac{2\pi}{N_2} (n-1)\right) + \gamma_{v_1}\right] + k' I_{2v_2} \sin \left[p v_2 \left(\alpha_{20} + \frac{2\pi}{N_2} (n-1)\right) + \gamma_{v_2}\right].$$

Der zeitliche Mittelwert des Momentes zwischen $\mathfrak{B}_n$ und I_n ist:
$$M_n = \frac{10^{-8}}{4 \cdot 9{,}81} D l_a \mathfrak{B}_n I_n \sqrt{2} \cos (\psi - \chi)$$
$$= \frac{10^{-8}}{4 \cdot 9{,}81} D l_a \sqrt{2} [\mathfrak{B}_n \cos \psi I_n \cos \chi + \mathfrak{B}_n \sin \psi I_n \sin \chi] \text{ mkg.} \tag{28}$$

Zahlentafel 2 zur Bestimmung von n_1/n_2:

v_1	1	7	5	13	11	19	$6a-1$	$6a+7$	1	17	7	23
v_2	7	1	13	5	19	11	$6a+7$	$6a-1$	17	1	23	7
k_1	+1	+1	−1	+1	−1	+1	−1	+1	+1	−1	+1	−1
k_2	+1	+1	+1	−1	+1	−1	+1	−1	−1	+1	−1	+1
$v_2 + v_1$	8	8	18	18	30	30	$12a+6$	$12a+6$	18	18	30	30
also g	1	1	keine Lösung, da $g = 1/8 [v_2 + v_1]$ keine ganze Zahl ergibt									
n_2/n_1	1/4	1/4										
$v_2 - v_1$	6	−6	8	−8	8	−8	8	−8	16	−16	16	−16
also g	keine Lösung		1	−1	1	−1	1	−1	2	−2	2	−2
n_2/n_1	„	„	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	−1/8	−1/8	−1/8	−1/8

10. Sättel, die dadurch entstehen, daß zwei Ständerfelder auf den Läufer mit gleicher Frequenz einwirken.

a) Die Dichten zweier Ständerfelder am jeweiligen Ort des Läuferstabes n seien [aus Gl. (2) entwickelt]:
$$\mathfrak{B}_{v_1} = A_{1v_1} I_1 \cos \left[\omega t s_{v_1} - p v_1 \alpha_{20} - 2\pi \frac{p v_1}{N_2} (n-1)\right]$$
für das erste Ständerfeld, und für das zweite:
$$\mathfrak{B}_{v_2} = A_{1v_2} I_1 \cos \left[\omega t s_{v_2} - p v_2 \alpha_{20} - 2\pi \frac{p v_2}{N_2} (n-1)\right].$$

Die Ströme, die durch diese Felder im n-ten Stab erzeugt werden, sind [Gl. (7)]:
$$I_{2v_{1n}} = I_{2v_1} \sqrt{2} \cos \left[\omega t s_{v_1} - p v_1 \alpha_{20} - \gamma_{v_1} - 2\pi \frac{p v_1}{N_2} (n-1)\right]$$
und
$$I_{2v_{2n}} = I_{2v_2} \sqrt{2} \cos \left[\omega t s_{v_2} - p v_2 \alpha_{20} - \gamma_{v_2} - 2\pi \frac{p v_2}{N_2} (n-1)\right].$$

Nun sei: $s_{v_1} = k' s_{v_2}, \quad k' = \pm 1$. Dann ist die resultierende Dichte am Stabe n bzw. der resultierende Strom im Stabe n:
$$\mathfrak{B}_{nt} = \mathfrak{B}_n \cos [\omega t s_{v_1} - \psi]$$
$$= A_{1v_1} I_1 \cos \left[\omega t s_{v_1} - p v_1 \alpha_{20} - 2\pi \frac{p v_1}{N_2} (n-1)\right]$$
$$+ A_{1v_2} I_1 \cos \left[\omega t s_{v_1} k' - p v_2 \alpha_{20} - 2\pi \frac{p v_2}{N_2} (n-1)\right],$$

Also über alle N_2 Stäbe des Läufers erstreckt:
$$M = \frac{10^{-8}}{4 \cdot 9{,}81} D l_a \sqrt{2} \sum_{n=1}^{n=N_2} [\mathfrak{B}_n \cos \psi I_n \cos \chi + \mathfrak{B}_n \sin \psi I_n \sin \chi]$$

Dies wird, entwickelt, zu:
$$M = \frac{10^{-8}}{4 \cdot 9{,}81} D l_a \sqrt{2} I_1 \Bigg[A_{1v_1} I_{2v_1} \cos \gamma_{v_1} + A_{1v_2} I_{2v_2} \cos \gamma_{v_2} + \frac{\sin \pi p (v_1 - k' v_2)}{\sin \pi p \frac{v_1 - k' v_2}{N_2}}$$
$$\times \left\{ A_{1v_2} I_{2v_1} \cos \left[\gamma_{v_1} + p (v_1 - k' v_2) \left(\alpha_{20} + \pi \frac{N_2 - 1}{N_2}\right)\right] + A_{1v_1} I_{2v_2} \cos \left[- k' \gamma_{v_2} + p (v_1 - k' v_2) \left(\alpha_{20} + \pi \frac{N_2 - 1}{N_2}\right)\right] \right\} \Bigg].$$

Das 1. Glied ist gleich dem Momente M_{v_1} zwischen $\mathfrak{B}_{v_1}$ und I_{2v_1}

„ 2. „ „ „ „ „ M_{v_2} „ $\mathfrak{B}_{v_2}$ „ I_{2v_2}

„ 3. „ „ „ 0, wenn nicht $\frac{p}{N_2} (v_1 - k' v_2)$ = einer ganzen Zahl h wird. In diesem Falle wird schließlich:
$$M = M_{v_1} + M_{v_2} + \frac{10^{-8}}{4 \cdot 9{,}81} D l_a I_1 \sqrt{2} N_2$$
$$\times [A_{1v_2} I_{2v_1} \cos (N_2 h \alpha_{20} + \gamma_{v_1}) + A_{1v_1} I_{2v_2} \cos (N_2 h \alpha_{20} - k' \gamma_{v_2})]. \tag{29}$$

Die Bedingung:
$$p (v_1 - k' v_2) = N_2 h, \tag{16}$$
wo
$$h = \pm 1, \; \pm 2, \; \ldots,$$
hat folgende physikalische Bedeutung:

Der Phasenwinkel zwischen den Spannungen und Strömen benachbarter Stäbe ist:

für Feld v_1: $2\pi \frac{p v_1}{N_2}$,

für Feld v_2: $2\pi \frac{p v_2}{N_2} = 2\pi \left[\frac{p v_1}{N_2} k' - h k'\right]$.

D. h., abgesehen vom Vorzeichen ist der Phasenwinkel des Feldes v_2 = dem des Feldes v_1, $\pm 2\pi$ mal der ganzen Zahl h; die Spannungen und Ströme addieren sich also in allen Stäben unter demselben Winkel! In diesem Falle wird also das kombinierte Moment größer als die Summe der Einzelmomente.

b) Die Bedingungen lauten also:

$$s_{v_1} = k' s_{v_2}, \quad p\, v_1 = k' p\, v_2 + N_2 h, \quad k' = \pm 1, \quad h = \pm 1, \pm 2, \ldots,$$

$$s_{v_1} = k_1 - v_1 (1 - s_1),$$

$$k' s_{v_2} = k' k_2 - k' v_2 (1 - s_1) = k_1 - v_1 (1 - s_1);$$

hieraus:
$$s_1 = 1 - \frac{k_1 - k' k_2}{v_1 - k' v_2} = 1 - p\,\frac{k_1 - k' k_2}{N_2 h}. \qquad (30)$$

Wird nun $k_1 - k' k_2 = 0$, so wird $s_1 = 1$, d. h. der Motor steht. Dieser Punkt ist für den Hochlauf des Motors bedeutungslos.

Wird $k_1 - k' k_2 = +2$, so wird $s_1 = 1 - \frac{2p}{N_2 h}$,

d. h. $s_1 < 1$, wenn $h > 0$; $s_1 > 1$, wenn $h < 0$.

Wird $k_1 - k' k_2 = -2$, so wird $s_1 = 1 + \frac{2p}{N_2 h}$,

d. h. $s_1 > 1$, wenn $h > 0$; $s_1 < 1$, wenn $h > 0$.

Nun sei $v_1 > v_2$, d. h. $h > 1$ (dies ist lediglich eine Formsache). Dann wird:

11. Einfluß des Schränkens.

Für Stab 1 (Abb. 1) des ungeschränkten Läufers **war:**

$$U_{1v} = A_{2v} I_1 \sin\pi\,\frac{p\,v}{N_2}$$
$$\times \sin\left[\omega\, t\, s_v - p\, v\left(\alpha_{21} + \frac{\pi}{N_2}\right)\right] \qquad (5)$$

Ist nun der Läufer um ψ'° verschränkt (Abb. 7), so ist die Spannung $\mathrm{d}\,U_{1v}$ im Stabelement $\mathrm{d}\,l$ im Abstande x vom Rande:

Pos. α_{20}, l_a, x, ψ'

Abb. 7.

$$\mathrm{d}\,U_{1v} = A_{2v} I_1 \sin\pi\,\frac{p\,v}{N_2}\,\frac{\mathrm{d}\,x}{l_a}$$
$$\times \sin\left[\omega\, t\, s_v - p\, v\left(\alpha_{21} + \frac{\pi}{N_2} + \psi'\left(\frac{x}{l_a} - \frac{1}{2}\right)\right)\right]$$

also total:

$$U_{1v_g} = \int_{x=0}^{l_a} \mathrm{d}\,U_{1v} = A_{2v} I_1 \sin\pi\,\frac{p\,v}{N_2}$$
$$\times \sin\left[\omega\, t\, s_v - p\, v\left(\alpha_{21} + \frac{\pi}{N_2}\right)\right] \frac{\sin\frac{1}{2} p\, v\, \psi'}{\frac{1}{2} p\, v\, \psi'} \quad \text{oder}$$

Wenn	$v_1 =$	$v_2 =$	$k_1 - k_2 =$	$k_1 + k_2 =$	Drehsinn der Felder gegen Ständer	Läufer	Der Punkt gleicher Frequenz liegt im Bereich:			$s_1 = 1 - \frac{k_1 - k' k_2}{v_1 - k' v_2} =$
1)	$6a_1 + 1$	$6a_2 + 1$	0	+2	beide wie Grundfeld	verschieden	+1	s_1	0	$3(a_1 + a_2) : [3(a_1 + a_2) + 1]$
2)	$6a_1 + 1$	$6a_2 - 1$	+2	0	verschieden	gleich		„		$3(a_1 - a_2) : [3(a_1 - a_2) + 1]$
3)	$6a_1 - 1$	$6a_2 + 1$	−2	0	„	„	>1	s_1	+1	$3(a_1 - a_2) : [3(a_1 - a_2) - 1]$
4)	$6a_1 - 1$	$6a_2 - 1$	0	−2	beide gegen Grundfeld	verschieden		„		$3(a_1 + a_2) : [3(a_1 + a_2) - 1]$
		d. h. $k' =$	+1	−1						

Man ersieht hieraus: Haben die zwei Felder gegen den Ständer gleichen [verschiedenen] Drehsinn, so ist $s_{v_1} = - s_{v_2}$ [$s_{v_1} = s_{v_2}$]. Es läßt sich also die Zahlentafel 3 aufstellen (1. Teil allgemein; 2. Teil für $p = 2$):

unter Verwendung von Gl. (5):

$$U_{1v_g} = U_{1v}\,\frac{\sin\frac{1}{2} p\, v\, \psi'}{\frac{1}{2} p\, v\, \psi'}. \qquad (17)$$

Zahlentafel 3.

Fall 1) und 4) $a_1 + a_2$ / 2) „ 3) $a_1 - a_2$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	m
1) und 2) s_1	3/4	6/7	9/10	12/13	15/16	18/19	21/22	24/25	27/28	3 m, 3 m + 1
1) $v_1 - k' v_2 = v_1 + v_2$ / 2) $= v_1 - v_2$	8	14	20	26	32	38	44	50	56	6 m + 2
1) wenn also $v_1 =$	1	1	1, 7	1, 7	1, 7, 13	1, 7, 13	1, 7, 13, 19	1, 7, 13, 19	1, 7, 13, 19, 25	1; 7 usw.
so wird $v_2 =$	7	13	19, 13	25, 19	31, 25, 19	37, 31, 25	43, 37, 31, 25	49, 43, 37, 31	55, 49, 43, 37, 31	6 m + 1; 6 m − 5
2) wenn also $v_1 =$	13, 19	19, 25	25, 31	31, 37	37, 43	43, 49	49, 55	55, 61	61, 67	6 m + 7; 6 m + 13
so wird $v_2 =$	5, 11 …	5, 11 …	5, 11 …	5, 11 …	5, 11 …	5, 11 …	5, 11 …	5, 11 …	5, 11 …	5; 11 …
3) und 4) s_1	3/2	6/5	9/8	12/11	15/14	18/17	21/20	24/23	27/26	3 m, 3 m − 1
3) $v_1 - k v_2 = v_1 - v_2$ / 4) $= v_1 + v_2$	4	10	16	22	28	34	40	46	52	6 m − 2
3) wenn also $v_1 =$	5, 11	11, 17	17, 23	23, 29	29, 35	35, 41	41, 47	47, 53	53, 59	6 m − 1; 6 m + 5
so wird $v_2 =$	1, 7 …	1, 7 …	1, 7 …	1, 7 …	1, 7 …	1, 7 …	1, 7 …	1, 7 …	1, 7 …	1; 7 …
4) wenn also $v_1 =$	—	—	5	5	5, 11	5, 11	5, 11, 17	5, 11, 17	5, 11, 17, 23	5; 11
so wird $v_2 =$	—	—	11	17	23, 17	29, 23	35, 29, 23	41, 35, 29	47, 41, 35, 29	6 m − 7; 6 m − 13 …
$p = 2$, Fall 1) und 2), N_2	16	28 14	40 20 10	52 26 13	64 32 16	76 38 19	88 44 22 11	100 50 25	112 56 28 14	12 m + 4 6 m + 2 3 m + 1
n_2	+ 375	+ 214,3	+ 150	+ 115,4	+ 93,75	+ 78,9	+ 68,2	+ 60	+ 53,6	$+\frac{1500}{3m+1}$
$p = 2$, Fall 3) und 4), N_2	8	20 10	32 16	44 22 11	56 28 14	68 34 17	80 40 20 10	92 46 23	104 52 26 13	12 m − 4 6 m − 2 3 m − 1
n_2	− 750	− 300	− 187,5	− 136,4	− 107,2	− 88,2	− 75	− 65,2	− 57,7	$-\frac{1500}{3m-1}$

Über elektrische Schallplattenaufnahme und -wiedergabe.

Von **Albrecht Forstmann**, Berlin.

(Schluß von S. 1117.)

2. Die Amplitudenabhängigkeit.

Auf die Amplitudenabhängigkeit der Energieumwandlung ist vor allem die durch die Gummipufferung auf den Anker bewirkte Direktionskraft von Einfluß. Diese ist allgemein eine lineare Funktion der Elongation des Ankers. Bei zu großen Amplituden bewirkt aber die Dämpfung durch die Gummipufferung eine Änderung dieser linearen Abhängigkeit. Hierdurch sind dann Verzerrungen durch Kombinationstonbildung entsprechend dem Bildungsgesetz Gl. (18) bedingt.

Um eine solche Amplitudenabhängigkeit zu vermeiden, die naturgemäß bei den tiefen Frequenzen mit ihren großen Amplituden besonders störend ist, muß darauf geachtet werden, daß die Amplituden nicht zu groß werden. Zunächst erfordert diese Bedingung ein nicht zu großes Übersetzungsverhältnis des Hebelarm-Transformators, welches ja an sich zunächst einen großen Wirkungsgrad ermöglichen würde. Es erscheint hier aber mit Rücksicht auf die angegebenen Momente vorteilhafter, einen kleineren Wirkungsgrad zu haben und hierdurch eine Unabhängigkeit von der Amplitude zu erreichen, als einen großen Wirkungsgrad auf Kosten der Amplitudenunabhängigkeit evtl. auch der Frequenzunabhängigkeit zu erreichen. Weiterhin ist es auch vorteilhaft, wenn man dafür sorgt, daß schon die Amplituden der Nadelspitze so klein wie möglich sind. Dies würde erreicht, wenn man die Platten mit einem kleineren Amplitudenniveau als bisher üblich schneiden würde, was, wie ja bereits festgestellt, auch mit Rücksicht auf eine möglichst amplitudenunabhängige Arbeitsweise des Tonschreibers vorteilhaft wäre.

Eine weitere Bedingung für die Vermeidung nichtlinearer Verzerrungen ist die Anwendung nicht zu großer Direktionskräfte infolge zu starker Gummipufferung, jedoch ist von diesem Mittel nur mit Vorsicht Gebrauch zu machen, da eine Verminderung der die Gummipufferung bewirkenden Dämpfung, wie noch aus den folgenden Ausführungen ersichtlich wird, eine Vergrößerung der Frequenzabhängigkeit bewirken kann.

3. Die Frequenzabhängigkeit.

Aus Gl. (44) ergeben sich die Ankerverschiebung zu[14]

$$X_A = \frac{x_N}{\sqrt{\left(\frac{1}{\ddot{u}} + \frac{N_N}{N_A}\ddot{u} - \omega^2 M N_N \ddot{u}\right)^2 + (\omega N_N R \ddot{u})^2}} \qquad (46)$$

und die Geschwindigkeitsamplitude zu

$$V_A = \frac{x_N}{\sqrt{\left[\frac{1}{\omega}\left(\frac{1}{\ddot{u}} + \frac{N_N}{N_A}\ddot{u}\right) - \omega M N_N \ddot{u}\right]^2 + (N_N R \ddot{u})^2}}, \qquad (47)$$

wobei

$$\ddot{u} = \frac{l_A}{l_N}.$$

Zur Erzielung einer möglichst großen Frequenzunabhängigkeit soll

$$N_N \gg N_A \qquad (48)$$

sein, wobei an sich die Nadelnachgiebigkeit auch möglichst gering sein soll und eine geringe Ankernachgiebigkeit nach Möglichkeit nur zum geringsten Teil auf dem Einfluß der Gummipufferung, vielmehr vor allem auf Materialeigenschaften des Ankers beruhen soll.

Gl. (48) sagt aus, daß die zur Plattenabtastung verwendeten Nadeln nicht zu starr, also nicht zu dick sein sollen. Bei Erfüllung der Bedingung (48) wird

$$\frac{1}{\ddot{u}} \ll \frac{N_N}{N_A}\ddot{u}, \qquad (49)$$

und die Formeln (46) und (47) gehen über in

$$X_A = \frac{x_N}{\ddot{u} N_N \sqrt{\left(\frac{1}{N_A} - \omega^2 M\right)^2 + R^2\omega^2}}$$

bzw.

$$V_A = \frac{x_N}{\omega N_N \sqrt{\left(\frac{1}{\omega N_A} - \omega M\right)^2 + R^2}}. \qquad (43)$$

Die Frequenzunabhängigkeit der Wirkungsweise des Tonabnehmers erfordert nunmehr, daß

$$\omega \ll \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{M N_A}} \qquad (44)$$

bzw.

$$R \gg \frac{1}{\omega N_A}. \qquad (45)$$

Die Eigenschwingung des Ankers in betriebsmäßigem Zustande, also bei festgehaltener Nadelspitze, muß höher liegen als die höchste umzuwandelnde Frequenz, für höhere Frequenzen fällt der Wirkungsgrad. Die Bedingung (44) ist in erster Linie durch eine möglichst geringe Masse, in zweiter Linie durch eine genügend geringe Nachgiebigkeit, die möglichst nur zum geringen Teil durch zu starke Gummipufferung bewirkt wird, zu erfüllen.

Abb. 28 u. 29. Frequenzcharakteristiken zweier Tonabnehmer.

In den Abb. 28 und 29 sind die Frequenzcharakteristiken zweier Tonabnehmer wiedergegeben. Zwar ist der der Abb. 28 entsprechende Tonabnehmer hinsichtlich der Frequenzunabhängigkeit günstiger als der der Abb. 29, jedoch sind die nichtlinearen Verzerrungen infolge der vornehmlich durch die Gummipufferung bewirkten Erhöhung der Eigenschwingung bei dem der Abb. 28 entsprechenden Tonabnehmer erheblich größer als bei dem der Abb. 29. Dieser Nachteil würde erheblich gemindert werden, wenn mit kleineren Amplituden gearbeitet würde.

Aus den angegebenen Frequenzcharakteristiken erkennen wir einen mit den oben angegebenen Beziehungen nicht im Einklang stehenden Anstieg der Frequenzcharakteristik bei den tiefen Frequenzen. Diese Tatsache beruht darauf, daß bei Aufstellung der zunächst wichtigen grundlegenden Beziehungen der Einfluß des gesamten Tonabnehmersystems vernachlässigt worden ist. Diesem kommt natürlich entsprechend seiner verhältnismäßig großen Masse und der zugehörigen Nachgiebigkeit eine tiefe Eigenschwingung zu, die je nach seinen weiteren Eigenschaften, insbesondere seiner Befestigungsart, mehr oder weniger gedämpft ist[15].

Wir gehen zur rechnerischen Behandlung der Anordnung über und erhalten für die Kräfte die Beziehungen

$$k_2 = \frac{l_N}{l_A} k_1 \qquad (46)$$

bzw.

$$k_3 = k_2 - \left(M_T \frac{d^2 x_T}{dt^2} + R_T \frac{d x_T}{dt}\right) \qquad (47)$$

und für die Bewegungen

$$x_T = \frac{l_N}{l_A}(x_N - k_1 N_N) \qquad (48)$$

bzw.

$$x_A = x_T - k_2 N_T. \qquad (49)$$

Wir erhalten dann hieraus für die Kräfte die Beziehungen

$$\left.\begin{aligned} k &= \frac{x_N - \frac{l_N}{l_A} x_T}{N_N} \\ M_T \frac{d^2 x_T}{dt^2} + R_T \frac{d x_T}{dt} + \frac{X_T}{N_T} &+ \left(\frac{l_N}{l_A}\right)^2 \frac{x_T}{N_N} - \left(\frac{l_N}{l_A}\right)\frac{X_N}{N_N} - \frac{x_A}{N_T} = 0 \\ M_A \frac{d^2 x_A}{dt^2} + R_A \frac{d x_A}{dt} + \frac{X_A}{N_A} &+ \frac{X_A - X_T}{N_T} = 0 \end{aligned}\right\} \qquad (50)$$

[14] Vgl. a. E. W. Kellogg, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 46, S. 1041 (1927).

[15] Vgl. a G. W. Sutton, J. Inst. El. Engs. London Bd. 68, S. 566 (1930).

und unter Annahme sinusförmiger Funktionen und eingeschwungener Zustände

$$\left.\begin{aligned} k &= \frac{v_N}{j\,\omega\,N_N} - \frac{l_N}{l_A}\,\frac{v_T}{j\,\omega\,N_N} \\ v_T\left[j\,\omega\,M_T + R_T + \frac{1}{j\,\omega\,N_T} + \left(\frac{l_N}{l_A}\right)^2 \frac{1}{j\,\omega\,N_N}\right] &- \left(\frac{l_N}{l_A}\right)\frac{v_N}{j\,\omega\,N_N} - \frac{v_A}{j\,\omega\,N_T} = 0 \\ v_A\left(j\,\omega\,M_A + R_A + \frac{1}{j\,\omega\,N_A} + \frac{1}{j\,\omega\,N_T}\right) &- \frac{v_T}{j\,\omega\,N_T} = 0. \end{aligned}\right\} \qquad (51)$$

Wir können also für die betrachtete Anordnung das in der Abb. 30 wiedergegebene Ersatzbild angeben.

Abb. 30. Äquivalentes Ersatzbild eines Tonabnehmers unter Berücksichtigung des ganzen Tonabnehmersystems.

Die Eigenschwingung des gesamten Tonabnehmers liegt wegen seiner großen Masse bei tiefen Frequenzen, wir erhalten also für seine Eigenschwingung einen Anstieg der Frequenzcharakteristik bei tiefen Frequenzen,

Abb. 31. Elektrisches Ersatzbild eines auf einen Widerstand r arbeitenden Tonabnehmers.

Abb. 32. Elektrisches Ersatzbild eines Tonabnehmers unter Berücksichtigung der Belastung durch die Röhrenkapazität.

Abb. 33. Elektrisches Ersatzbild eines Tonabnehmers mit Entzerrungsanordnung für tiefe Frequenzen.

der aus den Abb. 28 und 29 erkenntlich ist. Um diesen Einfluß möglichst gering zu halten, ist es vorteilhaft, die Masse des Tonabnehmers möglichst groß zu wählen und ihn möglichst gut zu dämpfen, was insbesondere durch die Art der Befestigung ermöglicht wird; auch die Art und Größe der Gummidämpfung des Ankers sind für die Höhe der Resonanzspitze bei tiefen Frequenzen von Einfluß.

Die Bedingung für die Frequenzunabhängigkeit der Arbeitsweise ergibt sich hier neben den oben angegebenen Bedingungen aus den Beziehungen für Bewegungs- und Geschwindigkeitsamplitude des gesamten Tonabnehmersystems.

$$X_T = \frac{K_3}{\sqrt{\left(\frac{1}{N_T} - \omega^2 M_T\right)^2 + \omega^2 R_T^2}} \qquad (57)$$

bzw.

$$V_T = \frac{K_3}{\sqrt{\left(\frac{1}{\omega\,N_T} - \omega\,M_T\right)^2 + R_T^2}} \qquad (58)$$

zu

$$\omega \gg \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{M_T N_T}} \qquad (59)$$

bzw.

$$R \gg \omega\,M_T, \qquad (60)$$

d. h. die Eigenschwingung des gesamten Tonabnehmersystems muß möglichst tief gelegt, und das System muß wie angegeben möglichst gut gedämpft sein.

Oberhalb der Eigenschwingung des gesamten Tonabnehmers fällt die Geschwindigkeitsamplitude zunächst, wie aus Abb. 29 zu erkennen ist, u. zw. in erster Annäherung mit dem Quadrat der Frequenz. Unter dem Einfluß der Eigenschwingung des Ankers erfolgt dann ein Anstieg der Frequenzcharakteristik bis zur Resonanzfrequenz des Ankers, um oberhalb derselben unter dem Einfluß der Frequenzabhängigkeit der beiden Systeme in erster Annäherung mit der vierten Potenz der Frequenz abzufallen. Abb. 29 läßt diese Erscheinungen besonders gut erkennen. Bei der Abb. 28 ist noch eine weitere Erscheinung zu beobachten, u. zw. liegt zwischen den beiden Eigenschwingungen noch eine Erhöhung der Frequenzcharakteristik, und diese fällt oberhalb der Eigenschwingung des Ankers noch steiler ab als die Abb. 29. Diese Erscheinungen beruhen auf der Anwendung eines Gegengewichtes. Um den Einfluß eines Gegengewichtes möglichst zu vermindern, muß dieses durch Anwendung geeigneter Isolierung durch Filz usw. sehr stark gedämpft sein.

4. Die elektrischen Eigenschaften.

Betrachten wir nun noch die elektrischen Eigenschaften eines Tonabnehmers. Die durch die Ankerbewegung verursachte Flußänderung muß eine lineare Abhängigkeit von der Amplitude haben, damit keine nichtlinearen Verzerrungen entstehen können. Hierzu ist zu bedingen, daß die Änderung des Luftspaltes bei der Bewegung klein ist gegenüber dem Ruhespalt. Diese Bedingung kann besonders bei Anwendung genügend kräftiger Magnete, die bei gleichem Wirkungsgrad einen größeren Luftspalt zulassen als weniger kräftige Magnete, und weiterhin auch auf Grund der oben hinsichtlich der Größe der Ankeramplituden angegebenen Bedingungen unschwer erfüllt werden.

Abb. 34. Vollständige Wiedergabe-Einrichtung mit elektrodynamischem Lautsprecher (System Polyphon AG.).

Abb. 35. Vollständige Wiedergabe-Einrichtung mit elektrostatischem Lautsprecher (System Vogt).

Es ist weiterhin zu fordern, daß der Ankerquerschnitt ausreichend groß ist, um eine magnetische Sättigung zu vermeiden und einen genügend kleinen magnetischen Widerstand zu garantieren. Bedingungen, die praktisch ebenfalls unschwer zu erfüllen sind; sie gelten übrigens in gleicher Weise auch für den Tonschreiber.

Neben der Amplitudenunabhängigkeit der vom Tonabnehmer an den Außenwiderstand abgegebenen Spannung interessiert weiterhin auch noch deren Frequenzunabhängigkeit. Entsprechend dem hier gültigen, in der Abb. 31

wiedergegebenem elektrischen Ersatzbild, in dem der innere Widerstand des Tonabnehmers, der als Generator mit der EMK E wirkt, $R + j\omega L$ und ein äußerer Widerstand $\mathfrak{r}$ angenommen sind, ergibt sich die an diesen abgegebene Spannung zu

$$U_a = E \frac{|\mathfrak{r}|}{|\mathfrak{r} + R + j\omega L|}\,. \tag{61}$$

Eine Frequenzunabhängigkeit der Arbeitsweise erfordert zunächst, daß

$$\mathfrak{r} \gg R + j\omega L\,. \tag{62}$$

Berücksichtigen wir den gesamten Eingangskreis des Wiedergabe-Verstärkers, an den der Tonabnehmer angeschlossen ist, so erhalten wir das in der Abb. 32 dargestellte Ersatzbild. Die Gitterwechselspannung der ersten Röhre ist dann bestimmt zu

$$U_g = E \cdot \frac{1}{1 - \omega^2 L C + j\omega C R}\,, \tag{63}$$

wobei

$$C = C_{gk} + C_{ga}\,[1 + W(\varphi_i - \varphi_a)]\,, \tag{64}$$

also die gesamte gitterseitig wirkende Kapazität ist, die sich zusammensetzt aus der natürlichen Leistungs- und Röhrenkapazität und der durch die Anodenrückwirkung verursachten zusätzlichen Kapazität.

Man kann hier einen durch die mechanischen Eigenschwingungen des Tonabnehmers bedingten Abfall der Frequenzcharakteristik mehr oder weniger kompensieren, wenn man die Eigenschwingung des aus L und C bestehenden Schwingungskreises auf eine hohe, oberhalb der Eigenschwingung des Ankers liegende Frequenz legt; für diese ist dann die abgegebene Spannung bestimmt zu

$$U_{g_0} = E \cdot \frac{1}{j\omega C R}\,. \tag{65}$$

In gleicher Weise kann auch der Abfall bei tiefen Frequenzen durch eine der Abb. 33 entsprechende Anordnung mehr oder weniger kompensiert werden. Die an die Röhre abgegebene Spannung ist hier für die tiefen Frequenzen bestimmt zu

$$U_{g_t} = E \cdot \frac{1}{\sqrt{\left[\left(1 - \frac{1}{\omega^2 L_a C}\right) + \frac{L}{L_a}\right]^2 + \left[\omega L \left(1 - \frac{1}{\omega^2 L_a C}\right) - \frac{R}{\omega L_a}\right]^2}}\,. \tag{66}$$

Legt man die Eigenschwingung des aus C und L_a bestehenden Kreises genügend tief, so erhält man für diese einen den durch die mechanischen Verhältnisse bedingten Abfall kompensierenden Anstieg, die Spannung ist dann gegeben durch den Ausdruck

$$U_{g_{t_0}} = E \cdot \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{L}{L_a}\right)^2 + \frac{R^2}{\omega_0^2 L_a^2}}}\,. \tag{67}$$

Infolge der verhältnismäßig großen Spuleninduktivität und der gleichfalls großen Leitungskapazität kann es besonders bei Verwendung eines Eingangstransformators[16] vorteilhaft sein, bei gleichzeitiger Korrektion der Frequenzcharakteristik einen aus mehreren gedämpften Gliedern bestehenden elektrischen Kettenleiter in Anwendung zu bringen.

Zum Schluß seien in Abb. 34 und 35 noch zwei vielfach benutzte Wiedergabe-Einrichtungen gezeigt. Sie bestehen aus dem Antriebslaufwerk, dem Tonabnehmer nebst Verstärker, der zur Herstellung der erforderlichen Betriebspannungen benötigten Anordnung und dem zur Wiedergabe notwendigen Lautsprecher.

[16] Über Eingangstransformatoren vgl. a. A. Forstmann, ETZ 1931, S. 596.

Eine direkte Methode zur Bestimmung des Streufeldes eines Wandlers.

(Mitteilung aus dem Elektrotechnischen Laboratorium der T. H. Delft.)

Von **H. W. L. Brückman** und **W. Engelenburg**, Delft.

Übersicht. Es wird eine Methode entwickelt, mittels derer durch Überlagerung eines Fremdfeldes über das Hauptfeld eines Wandlers oder Transformators, bis letzteres zu Null geworden ist, die Streuung gemessen werden kann. Die Nullage wird mit Hilfe einer kleinen um das Eisen gelegten Hilfspule und eines Vibrationsgalvanometers oder Telephons bestimmt. Die Messungen nach dieser Methode erweisen eine große Frequenzabhängigkeit der Streuung.

Einen klaren Einblick in die Wirkungsweise des Wandlers hat man erst bekommen, nachdem das Möllinger-Diagramm[1] deutlich gezeigt hat, was in einem Wandler vor sich geht. Dabei hat man jedoch auf irgendeine Weise die sekundäre EMK am Wandler zu konstruieren, und es bleibt immer schwierig, die sekundär auftretende Streuspannung, also das sekundäre Streufeld, zu bewerten. Im folgenden wird eine Methode entwickelt, die die Messung der Streuspannung und, wenn nötig, die Berechnung des Streufeldes gestattet. Was will man unter sekundärer Streuspannung verstehen? Es scheint uns am besten, vom Streufeld auszugehen und dieses als die Gesamtzahl aller Kraftlinien im Wandler, die nur mit dem sekundären Kreis gekoppelt sind, zu bestimmen; die Linien können also auch teilweise durch das Wandlereisen verlaufen; wenn sie nur nicht die Primärwicklung schneiden, gehören sie zu demjenigen Felde, das im Möllinger-Diagramm zur Streuspannung beiträgt. Wir könnten also diese Spannung an der Sekundärwicklung erwarten, abgesehen vom ohmschen Spannungsverlust, wenn wir das Hauptfeld im Wandler zu Null machen könnten; wenn man dabei die Stromstärke zu ändern imstande wäre, könnte man außerdem die Abhängigkeit der Streuspannung von der Stromstärke untersuchen[2].

Um nun das Hauptfeld des zu untersuchenden Wandlers W (Abb. 1) auf Null zu bringen, wird ein zweiter Strom in den Sekundärkreis geschickt, dessen Amperewindungen dem Hauptfeld entgegenwirken; diese Stromstärke wird so lange geändert, u. zw. in Größe und Phase, bis das Hauptfeld Null ist. Das letztere stellt man fest, indem man um das Eisen eine kleine Hilfswicklung legt, z. B. 10 Windungen eines 0,2 mm dicken seidenumsponnenen Drahtes, und diese Wicklung mit einem Vibrationsgalvanometer oder Telephon verbindet, je nachdem es sich um einen Wandler für Niederfrequenz handelt oder nicht.

Abb. 1. Schaltung zur Bestimmung der Streuspannung eines Stromwandlers.

Wenn wir nun das Vektordiagramm Abb. 2 betrachten, so wird deutlich, daß das Hauptfeld Φ_{e_1} das von den Amperewindungen AW_1 herrührt, von einem Felde Φ_{e_2} kompensiert werden muß, das eine halbe Periode nacheilt; es wird also bequem von einem Strom geliefert werden können, der zu dem Primärstrom des Wandlers in Gegenphase liegt, also von der Sekundärseite eines zweiten Wandlers HW (Abb. 1), die mit dem zu untersuchenden Wandler in Reihe geschaltet wird.

Nun bleibt noch die Phasenabweichung der beiden Felder Φ_{e_1} und Φ_{e_2} auszugleichen. Am bequemsten kann man dazu den von dem Wandler HW zu liefernden Strom I_2 in zwei Teile I_3 und I_4 spalten, die in zwei Parallelkreisen fließen, in deren einem (I_4) die Sekundärwick-

[1] Möllinger u. Gewecke, ETZ 1912, S. 270. — Möllinger, Wirkungsweise der Motorzähler und Meßwandler. Verlag Julius Springer, Berlin 1917.
[2] Eine indirekte Methode gibt Gocht, ETZ 1929, S. 1653.

lung des zu untersuchenden Wandlers liegt. In beide Kreise I_3 und I_4 schaltet man bequemlichkeitshalber eine regelbare Selbstinduktivität, z. B. eine kleine Spule mit regelbarem Luftspalt. I_3 und I_4 lassen sich dann durch Selbstinduktivität und Widerstand derart einstellen, daß I_4 genau das Primärfeld aufhebt, d. h. daß die von I_4 herrührende Amperewindungen AW_2 ein Feld Φ_{e2} erregen, das genau in Gegenphase mit Φ_{e1} ist.

Ist diese Einstellung erreicht, so bleibt in der Sekundärwicklung des zu untersuchenden Wandlers oder Transformators nur so viel Spannung übrig als nötig ist, um den durch I_4 erzeugten Spannungsverlust dieser Wicklung zu kompensieren. Man liest also bei Nullstellung des Vibrationsgalvanometers auf einem Voltmeter an diesem Sekundärkreis sofort $I_4 \sqrt{x_2^2 + r_2^2}$ ab.

Die Schaltung ist in Abb. 1 dargestellt. Der Hilfswandler muß so gewählt werden, daß er die richtige Stromstärke I_4 liefern kann, d. h. der Gesamtstrom I_2 des Hilfswandlers muß größer sein als I_4. Da nun I_4 selbstverständlich ungefähr gleich der Sekundärstromstärke des zu untersuchenden Wandlers ist, wählt man als Hilfswandler am besten einen Wandler mit einem etwas kleineren Übersetzungsverhältnis. Wäre das Übersetzungsverhältnis dasselbe, so wäre zwar vielleicht das Sekundärfeld in W der Größe nach zu kompensieren, aber die Phase des Stromes I_4 könnte nicht richtig eingestellt werden. I_4 kann bei $-AW_1$ sowohl vor- als auch nacheilen; wenn I_4 nacheilt, muß die Drossel im Nebenkreis benutzt werden, andernfalls regelt man mit der Drossel im I_4-Kreis selbst.

Im übrigen kann der Hilfswandler ziemlich willkürlich sein, wenn nur die Drossel und die Widerstände in diesen Kreisen genügende Regelungsfreiheit geben. Wie immer bei Wechselstrom-Nullmethoden kann man für die genaue Nullregelung der Widerstände eines Schleifdrahtes nicht entbehren. Als Drosseln verwendeten wir Stromspulen von Zählern; ihre Selbstinduktivität kann mittels des Eisenkernes geregelt werden, eine genaue Einstellung der Phase ist durch einen der Drossel parallel geschalteten Widerstand möglich.

Abb. 2. Vektordiagramm zu Abb. 1.

In der vorbeschriebenen Weise wurde nun an einem kleinen Hochfrequenzwandler, dessen Primärkreis nur aus einem durchgehenden Draht bestand und der sekundär 50 Windungen zählte, die für Hochfrequenzwandler noch mehr als für 50 Hz-Wandler wichtige Sekundärstreuung gemessen, u. zw. in Abhängigkeit von der Frequenz. Bei Niederfrequenz wurde ein Schering-Vibrationsgalvanometer benutzt, bei über 100 Hz ein Telephon. In jedem Falle genügten 5 ... 10 sehr dünne Hilfswicklungen, um die Nullstellung mit großer Genauigkeit festzustellen und dabei die Sekundärspannung zu messen. Die Messung dieser Spannung von einigen zehntel bis zu einigen Volt ist oft schon ein Problem für sich. Bei Niederfrequenz hatten wir guten Erfolg mit einem Palmschen Spannungswandler in Verbindung mit einem Elektrometer; der Wandler übersetzt von 1,5 V auf 150 V. Bei höheren Frequenzen wurde vom Triodenvoltmeter nach M o u l l i n und anderen auf dasselbe Prinzip sich stützenden Röhrenvoltmetern Gebrauch gemacht. Eine Korrektion für den Eigenverbrauch des Voltmeters war niemals nötig.

Das Eisen des Wandlers bestand aus Eisendraht, wie er für Krarup-Kabel verwendet wird. Dieser Draht war zu einem Tordus aufgewickelt; die Primärwicklung wurde hindurchgesteckt und die 50 Sekundärwindungen isoliert auf dem Tordus angebracht.

Abb. 3 zeigt das Ergebnis der Messungen zwischen 30 und 800 Hz. Man sieht, wie abhängig in diesem Frequenzbereich das Streufeld von der Frequenz ist: zwischen 30 und 100 Hz nimmt die Streuinduktivität bis auf die Hälfte ab. Zur Erklärung wird man wohl annehmen müssen, daß eben infolge der sehr starken Unterteilung des Eisens (viel stärker als bei Blechkernen) ein beträchtlicher Teil des Streufeldes teilweise um die Sekundärwicklung durch das Eisen verläuft und daß dieser Teil erst bei höheren Frequenzen durch Wirbelstromreaktion oder Hauteffekt aufgehoben wird. Der Hochfrequenzwandler wird also nicht nur mit der Frequenz besser, weil das Hauptfeld und der Magnetisierungstrom kleiner werden, sondern auch die Abnahme der Sekundärstreuung ist für höhere Frequenzen günstig. Letzteres wird vornehmlich auf die Besserung des Fehlwinkels Einfluß haben.

Es sei noch bemerkt, daß, wenn einmal die Nullage des zusammengesetzten Feldes auf die beschriebene Weise festgestellt ist, durch Spannungsmessung auf der Primärseite auch die primäre Streuung gemessen werden kann. Bei Leistungstransformatoren ist selbstverständlich die Streuungsmessung in gleicher Weise ausführbar.

Abb. 3. Abhängigkeit der Streuung von der Frequenz.

Liegen die beiden Wicklungen übereinander, so wird ein Fehler mitgemessen, der in der Luftkopplung beider Wicklungen seine Ursache hat. Man kann diesen Fehler umgehen, indem man die Primär-Amperewindungen einer Hilfswicklung entnimmt, die man auf eine freie Seite des Schenkels wickelt. Während das bei Meßwandlern leicht durchführbar ist, kann es bei Leistungstransformatoren wohl zu Schwierigkeiten führen. Statt einer Wicklung kann man auch einen Stab mit entsprechender Strombelastung durchstecken; die für Stromwandler eigentlich nur wichtige Sekundärstreuung wird dadurch nicht geändert.

Zum Schluß sei noch erwähnt, daß, wie aus unseren Messungen folgt, die Streuung auch von der Stromstärke im Wandler abhängig ist, jedoch nicht stark und vermutlich nur dadurch, daß sich die Permeabilität des Eisens ändert.

Mitteilungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

Bekanntmachung über Prüfungen und Beglaubigungen durch die Elektrischen Prüfämter.

Nr. 303.

I. Auf Grund des § 9 des Gesetzes vom 1. VI. 1898 betreffend die elektrischen Maßeinheiten ist dem Kommunalen Elektrozweckverband Mitteldeutschland in Kassel die Genehmigung erteilt worden, in seiner Prüfstelle daselbst als Elektrisches Prüfamt 13 amtliche Prüfungen von Elektrizitätszählern und elektrischen Meßgeräten auszuführen, u. zw.

mit Gleichstrom	bis	200 A,	300 V	im Amt
	„	300 A,	750 V	am Betriebsort
mit Wechsel- und Drehstrom	bis	1 200 A,	25 000 V	im Amt
	„	1 200 A,	12 000 V	am Betriebsort
	„	600 A,	24 000 V	„ „

(Verfügung des Reichsministers des Innern vom 26. V. 1931, Reichsministerialblatt Nr. 22, 1931.)

II. Auf Grund des § 9 des Gesetzes vom 1. VI. 1898 betreffend die elektrischen Maßeinheiten ist dem Märkischen Elektrizitätswerk Aktiengesellschaft in Berlin die Genehmigung erteilt worden, in seiner Prüfstelle in Oranienburg als Elektrisches Prüfamt 14 amtliche Prüfungen von Elektrizitätszählern und elektrischen Meßgeräten auszuführen, u. zw.

mit Gleichstrom	bis	300 A,	500 V	im Amt und am Betriebsort
mit Wechselstrom	„	1 500 A,	25 000 V	im Amt
mit Drehstrom	„	1 500 A,	15 000 V	„ „
mit Wechsel- und Drehstrom	„	200 A,	20 000 V	am Betriebsort

(Verfügung des Reichsministers des Innern vom 1. VI. 1931, Reichsministerialblatt Nr. 23, 1931.)

Berlin-Charlottenburg, den 10. Juni 1931.

Der Präsident
der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt:
P a s c h e n.

RUNDSCHAU.

Meßgeräte und Meßverfahren.

Ein Chronograph für genaueste Zeitregistrierung. — Schon früher habe ich über die bemerkenswerten Arbeiten von Lejay, Zikaweih (China), berichtet[1], dessen Untersuchungen später durch Arbeiten von Mahnkopf, Berlin, ihre Bestätigung gefunden haben, daß es durch Anwendung des freien Pendels mit einer radiotelegraphischen Pendelbrücke an Stelle von Sekundenkontakten in Pendeluhren möglich ist, bis auf $^1/_{10000}$ s genaue Zeitmessungen vorzunehmen. Seinerzeit mußte Lejay sich damit begnügen, das Koinzidenzverfahren anzuwenden, da es für diese Zwecke keine genügend genauen und zugleich handlichen Chronographen gab, um eine direkte Registrierung vorzunehmen. Die Apparate mit geschwärztem Papier sind nur bis $^1/_{100}$ s genau, während die photographischen Chronographen im wesentlichen für kurzzeitige Messungen, z. B. in der Ballistik, zum Studium elektrischer Wellen usw., geeignet sind. In letzter Zeit hat nun Lejay selbst einen neuen Chronographen entwickelt. Es kam vor allem darauf an, die sonst zur Zeitmessung der Bruchteile von Sekunden bestimmten Einzelzählungen von Stimmgabelschwingungen durch Gruppenzählungen zu ersetzen.

Abb. 1. Schema des Chronographen nach Lejay.

Abb. 1 zeigt schematisch die Anordnung. Rechts oben befindet sich ein Oszillograph, Typ Blondel, mit einer Ablenkung des Lichtstrahls von 5 cm auf 1 m, für 1 mA. Der Lichtstrahl wird durch einen Kondensor auf einen Spalt regelbarer Größe konzentriert, dann dieses spaltförmige Bild durch eine zylindrische Linse in ein punktförmiges Bild verwandelt. Das Prisma *P* wird durch ein Hilfsfederwerk in einer Drehbewegung erhalten und so das Lichtstrahlenbündel horizontal abgelenkt. Es entwirft also auf dem links im Schema dargestellten rotierenden Registrierzylinder mit photographischem Papier (40 cm lang, 10 cm Dmr.) das photographische Bild einer Schraubenlinie. Zur genauen Zeitmarkierung befindet sich an der Stimmgabel (rechts) ein feiner Draht *f*, der bei jeder Schwingung der Stimmgabel den Lichtstrahl einen kleinen Augenblick, etwa $^1/_{10000}$ ... $^2/_{10000}$ einer Sekunde, verdunkelt. Die Periode der Stimmgabel beträgt $^1/_{100}$ s, so daß also auf dem Diagramm in jeder $^1/_{100}$ Sekunde eine deutliche Zeitmarke angebracht ist. Um die bei längeren Messungen sehr mühsame Einzelzählung der Marken auszuschalten, wird die Umdrehungsgeschwindigkeit der Registrierwalze so bemessen, daß der Zylinder in 1 s zwei Umdrehungen macht. Die Marken können also unmittelbar von je 50 zu 50 bei jeder Umdrehung oder von 100 zu 100 für je zwei Umdrehungen gezählt werden. Die Umdrehungszahl des Zylinders, der durch ein Laufwerk betrieben wird, wird durch einen Zentrifugalregler konstant gehalten. Der Antrieb kann u. U. auch elektromotorisch erfolgen.

Die Synchronisierung erfolgt durch stroboskopische Regelung. Nach Angaben von Lejay soll es nicht notwendig sein, einen absoluten, konstanten Synchronismus zu erreichen, wenn die einmalige Regelung richtig erfolgt ist. Er behauptet, daß sogar von einem Aufzug des Laufwerks bis zum andern die Umdrehungszahl genügend konstant bleibt, ohne daß eine Neuregelung nötig ist. Zur stroboskopischen Regelung trägt die Registrierwalze an einem Ende noch ein gezahntes Rad *R*. Gibt man dem Prisma *P* die günstigste Stellung, so fällt der Lichtstrahl auf dieses Rad, und man erkennt hinter ihm das Bild des von der schwingenden Stimmgabel getragenen Drahtes, der zur Zeitmarkierung dient. Der Zentrifugalregler wird nun so lange betätigt, bis dieses Bild unbeweglich ist; dann ist der Synchronismus erreicht. Nach Lejays Angaben ist die Umdrehungsgeschwindigkeit von einer Registrierung zur andern mindestens bis auf $^1/_{10}$ einer Stimmgabelschwingung konstant. Dadurch wäre es also möglich, nicht nur je 100 Schwingungen durch die Umdrehungen der Walze, gruppenweise also als Ordinaten des Diagramms, zu messen, sondern auch die überschießenden Einheiten auf der Abszisse mit Hilfe eines einfachen Maßstabes, so daß also auch bei längeren sehr genauen Zeitmessungen die mühsame Zählung der Stimmgabelschwingungen fortfällt.

Mit Hilfe dieses Apparates, der auch für andere genaue Untersuchungen, wie beispielsweise der Schwingung einer Quarzfiber, geeignet ist, hat Lejay nun die bereits hier früher beschriebene kontaktlose Pendelbrücke im Vergleich mit einer Reihe von Pendeluhren mit Kontakten des Pariser Bureau International de l'heure untersucht. Abb. 2 zeigt ein solches Diagramm, wobei

Abb. 2. Diagramm einer Zeitregistrierung.

übrigens das mit der Pendelbrücke versehene Schwerependel ohne alle Vorsichtsmaßnahmen einfach auf einen Tisch gesetzt wurde. Man sieht aus dem Diagramm die erstaunlich große Regelmäßigkeit der Schwingungen des Pendels mit der Lejayschen Pendelbrücke, während die Kontakte der verglichenen Uhr ebenso wie bei den übrigen untersuchten Uhren erhebliche Unregelmäßigkeiten hervorrufen, die sich in der Größenordnung von mehreren Tausendsteln bis Hundertsteln einer Sekunde bewegen. Auf die weiteren Untersuchungen einzugehen, erübrigt sich hier. In der Zwischenzeit hat Lejay mit diesem Apparat die Leitzeichen der verschiedenen internationalen Sender untersucht und dabei die Fehlerursachen zum großen Teil aufgedeckt. (P. Lejay, Dt. Uhrmacher-Zg. Bd. 53, S. 624 u. 694.)

Dr. Baltzer.

Messung von Wechselströmen mit Trockengleichrichtern und Drehspulinstrumenten. — S. Held schildert in sehr eingehender Weise die Messung von Wechselströmen und -spannungen unter Verwendung der bekannten Trockengleichrichter mit Kupferoxydulplatten und Drehspulinstrumenten. Die verwendeten Platten hatten einen Durchmesser von 20 und 37 mm. Es werden die Schaltungen und die Fehlerquellen bei der zweiwelligen Gleichrichtung von Strömen und Spannungen diskutiert, insbesondere mit vier Elementen in Graetz-Schaltung. Die letztere ist für Meßzwecke der Schaltung mit nur zwei Elementen an einem angezapften Transformator vorzuziehen. Für Spannungsmesser bis 0,5 oder 1 V beträgt die Stromaufnahme 5 mA, für höhere Spannungen kann man auch auf 0,5 mA kommen. Die Strommesser werden an Nebenwiderstände mit 600 mV Spannungsabfall angeschlossen bei einer Stromaufnahme von 10 mA. Die Instrumente sind für Wechsel- und Gleichstrom verwendbar, wenn man bei letzterem den Gleichrichter abschaltet. Da die Einrich-

[1] J. Baltzer, ETZ 1929, S. 933.

tung grundsätzlich den arithmetischen Mittelwert des gleichgerichteten Wechselstromes mißt, so sind die Angaben von der Kurvenform abhängig.

Im Anschluß an die theoretischen Ausführungen berichtet der Verfasser eingehend über durchgeführte Versuche mit solchen Instrumenten, insbesondere über den Einfluß der Oberwellen bei Instrumenten mit niedrigem und hohem Vorschaltwiderstand. Im letzteren Falle werden die Fehler kleiner. Die Stromdichte in den Platten wählt man zweckmäßig zu 0,25 ... 0,30 mA/mm². Da sich bei den Voltmetern dann zu kleine Platten ergeben würden, hat man bei größeren Platten einen großen Teil der Fläche mit Papier bedeckt. Der Frequenzeinfluß ist für Strom- und Spannungsmesser verschieden. Bis zu 1000 Hz zeigen die letzteren noch ganz richtig, bei 10 000 Hz können aber Fehler von 10 ... 15 % für empfindliche Modelle entstehen, während der Fehler eines Milliamperemeters bei der gleichen Frequenz nur rd. 2 % beträgt. Für Hochfrequenz ist die Kapazität zu groß. Die Temperatur wirkt in der Weise, daß mit ihrem Steigen das Verhältnis Sperrwiderstand zu Laufwiderstand stark zurückgeht, bei 60 ° C auf etwa den zehnten Teil des Wertes bei 20 ° C. Die Einwirkung auf die Anzeige ist aber sehr viel kleiner und kann gegebenenfalls kompensiert werden. An einem nicht kompensierten Voltmeter hat man bei einer Temperatursteigerung von 20 auf 40 ° C am Skalenendwert eine Abweichung von 2 % bemerkt. (S. Held, Rev. Gén. de l'El. Bd. 27, S. 277 u. 317.) *Kth.*

Leitungen.

Korrosion von Kabelmänteln in Kreosot-Holzkanälen. — In den V. S. Amerika sind seit 1911 in großem Umfange mit Kreosot getränkte Kanäle (Röhren) aus gelbem Kiefernholz für Fernmeldekabel im Gebrauch. Es stellte sich im Laufe der Zeit heraus, daß Korrosionserscheinungen, wenigstens teilweise, mit dieser Verlegungsart zusammenhängen. Zwei Tränkungsmethoden wurden angewandt: das Kochen des Holzes in Kreosotöl unter Druck und ein Imprägnieren im Vakuum. Bodenuntersuchungen auf den Säuregehalt sowie Zerstörungen an Stellen des Bleimantels, die gar nicht mit Wasser in Berührung gekommen sein konnten, bewiesen, daß es sich nicht um elektrolytische Korrosion handeln konnte. Anderseits erwiesen sich klimatische Verhältnisse, Feuchtigkeitsgehalt und Temperatur der Luft, als nicht bedeutungslos. Der Bleimantel bedeckt sich an den Korrosionsstellen mit einer weißen Kruste von Bleikarbonat unter Beimischung flüchtiger organischer Säuren. Das Blei zeigt unterhalb dieser Kruste Anfressungen, die zu den beobachteten Kabelfehlern führten.

Als Hauptursache der Korrosion wurde der hohe Gehalt der Rohratmosphäre an Kohlendioxyd und andern sauren Gasen in Verbindung mit Wechseln des Feuchtigkeitsgrades festgestellt. Laboratoriumsversuche erwiesen die Möglichkeit, die Zerstörungen künstlich hervorzurufen, und lieferten zugleich die quantitativen Zusammenhänge. Mit einer fahrbaren, mit Hilfsmitteln zu physikalischen und chemischen Untersuchungen und Analysen ausgerüsteten Prüfanlage wurden zahlreiche korrodierte und nicht korrodierte Anlagen untersucht. Alle diese Prüfungen erwiesen einwandfrei die ausschlaggebende korrodierende Wirkung der flüchtigen organischen Säuren in der Luft von mit Kreosot getränkten Holzröhren. Hierauf setzten umfangreiche Versuche zur Ermittlung von Schutzmaßnahmen ein. Als bester Schutz erwies sich Ammoniakgas, welches die flüchtigen Säuredämpfe zu einem nicht flüchtigen Salz neutralisiert. Ein Gemisch von Luft mit 2 % Ammoniakgas wird mit Hilfe einer fahrbaren Pumpeinrichtung in die Holzröhren eingeführt. Es hat sich gezeigt, daß die Korrosionserscheinungen zum Stillstand gebracht werden.

Weitere Untersuchungen an Douglasfichtenholz, welches der Durchtränkung stärkeren Widerstand entgegensetzt, zeigten, daß nicht die mit Kreosot getränkten Teile der Röhren die Korrosion verursachen, sondern die nicht getränkten. Bei diesen geht infolge der langen Beeinflussung mit hoher Temperatur die Bildung der flüchtigen Säuren vor sich. (M. Burns u. A. Freed, Transact. Am. Inst. El. Engs. Bd. 48, S. 166.) *Eg.*

Beitrag zur Berechnung der Freileitungen. — Im Bull. SEV[1] habe ich mich dahin geäußert, daß ich mit der an dieser Stelle beschriebenen Methode keine Zustandsgleichung aufstellen kann. Wir werden im folgenden sehen, daß dies dennoch möglich ist. Die Auswertung fordert jedoch eine Annäherung, welche gute Resultate liefert und von allen kubischen Gleichungen frei ist. Die Methode der Berechnung der neuen Parameter, welche ich in der ETZ[1] aufgestellt habe, ist umständlich, wohl aber genau. Sie fordert die Fundamentalkurve $l_0 = f(a_0)$ für x_0 konstant. Die Anwendung genauer und langwieriger Rechnung ist für extreme Fälle berechtigt. Die Aufstellung von Kurventafeln, wie sie in der Rev. Gén. de l'El.[2] veröffentlicht sind, geben dem Ingenieur große Übersichtlichkeit und helfen ihm in der Beurteilung seiner Fälle. Genaue Rechnungen sind jedoch zu bevorzugen.

Wir finden in vielen Lehrbüchern[3] die Formel

$$\frac{\mathfrak{Sin}\,\varphi}{\varphi} = \frac{\sqrt{L^2 - h^2}}{d},$$

L gesamte Bogenlänge in m,
h Überhöhung in m,
d Abstand der Aufhängepunkte in m;

entwickelt ergibt sie

$$L^2 - h^2 = 4\,a^2\,\mathfrak{Sin}^2 \frac{d}{2\,a},$$

durch Division mit d ergibt sich

$$\frac{\sqrt{L^2 - d^2}}{d} = \frac{2\,a}{d}\,\mathfrak{Sin}\,\frac{d}{2\,a} = \frac{\mathfrak{Sin}\,\frac{d}{2\,a}}{\frac{d}{2\,a}} = \frac{\mathfrak{Sin}\,\varphi}{\varphi}.$$

Die Auswertung erfolgt durch vorteilhafte Tafeln oder durch Ausprobieren. Aus diesem Resultat erblickt man die Reduktion des unsymmetrischen Falles auf den symmetrischen. Für den letzteren wird

$$\frac{\mathfrak{Sin}\,\varphi}{\varphi} = \frac{L}{d}.$$

In dieser einfachen Formel liegt die Lösung des Freileitungsproblemes. So oft diese Formel zitiert wurde, so oft scheint sie von den Ingenieuren und Technikern übersehen worden zu sein.

Für einen neuen Zustand haben wir

$$L' = c\,(l_2 - l_1) = c\,L,$$

wobei c der bereits bekannte Koeffizient der Zustandsänderung ist. Gehen wir von einem Zustande aus und bezeichnen alle Größen dieses Zustandes mit den Indices Null, so schreibt sich:

$$\frac{\mathfrak{Sin}\,\varphi_0}{\varphi_0} = \frac{\sqrt{L_0^2 - h^2}}{d} = \frac{\mathfrak{Sin}\,\frac{d}{2\,a_0}}{\frac{d}{2\,a_0}} = \frac{L_0}{d}\sqrt{1 - \frac{h^2}{L_0^2}},$$

für einen neuen Zustand:

$$\frac{\mathfrak{Sin}\,\varphi_1}{\varphi_1} = \frac{\sqrt{c^2 L_0^2 - h^2}}{d} = \frac{L_0}{d}\sqrt{c^2 - \frac{h^2}{L_0^2}}.$$

Durch Division beider Ausdrücke wird

$$\underline{\frac{\mathfrak{Sin}\,\varphi_1}{\varphi_1} = \frac{\mathfrak{Sin}\,\varphi_0}{\varphi_0}\sqrt{\frac{c^2 - k_1^2}{1 - k_1^2}}}$$

für $k_1 = \frac{h}{L_0}$.

Hier haben wir die Zustandsgleichung von äußerster Einfachheit. Sie enthält alle notwendigen Angaben. Die Lösung nach φ_1 kann auf verschiedene Art erfolgen. Die Tafeln müssen mindestens 6 Stellen besitzen. Mit den unendlichen Reihen kann man sehr vorteilhafte Lösungen erreichen. Der Rechenschieber ist hier unbrauchbar. Wir ersetzen $\frac{\mathfrak{Sin}\,\varphi}{\varphi}$ durch die unendliche Reihe

$$\frac{\mathfrak{Sin}\,\varphi}{\varphi} = 1 + \frac{1}{3!}\,\varphi^2 + \frac{1}{5!}\,\varphi^4 + \frac{1}{7!}\,\varphi^6 + \ldots = \eta;$$

für genaues Rechnen nehme man die drei ersten Glieder. Die Lösung nach φ ergibt

$$\varphi = \sqrt{10}\sqrt{\sqrt{1 - 1{,}2\,(1 - \eta)} - 1},$$

daraus

$$a = \frac{d}{2\,\varphi}.$$

In manchen Fällen wird man mit zwei Gliedern auskommen können. φ wird dann

$$\varphi = \sqrt{6\,(\eta - 1)},$$

beides verhältnismäßig einfache Ausdrücke.

[1] Bull. SEV Bd. 15, S. 283 (1924).

[1] ETZ 1929, S. 1557.
[2] Rev. Gén. de l'El. Bd. 27, S. 236 (1930).
[3] Z. B. bei Dubbel, Taschenbuch für den Maschinenbau, 2. Aufl., S. 141, sowie W. Hort, Differentialgleichungen des Ingenieurs, 2. Aufl., S. 117.

Der mittlere Seilzug. — Im allgemeinen rechnet man mit dem größten oder kleinsten Seilzug, je nach Fall; den günstigsten Wert erhält man jedoch, wenn man mit mittlerem Seilzug arbeitet. Die ausführliche Berechnung findet sich an anderer Stelle[1]; der Ansatz lautet

$$p = \gamma \varphi = \gamma \sqrt{a^2 + l^2} \quad [\text{kg/cm}^2]$$

$$\mathrm{d}p = \gamma \sqrt{a^2 + l^2}\, \mathrm{d}l$$

$$p_m = \frac{\gamma}{l} \int_{x=0}^{x=x_1} \sqrt{a^2 + l^2}\, \mathrm{d}l.$$

Das Resultat lautet alsdann

$$p_m \approx \gamma\, a\, \mathfrak{Cof}^2 \frac{x_1}{2a}.$$

Mit diesen Zeilen glaube ich das einfache Freileitungsproblem in einfacher Weise gelöst zu haben. Der Einfluß der Abspannketten wird natürlich die Rechnung erschweren und soll später in ähnlicher Weise behandelt werden.

Edmond Regli, Zürich.

Elektromaschinenbau.

Berechnung der magnetischen Zahnspannung. — Zur Berechnung der magnetischen Zahnspannung ist es notwendig, eine mathematische Beziehung zwischen Magnetisierung und Induktion des Eisens in die Rechnung einzuführen. Für die Magnetisierungslinie sind im Laufe der Jahre Hyperbel-, Tangens-, Exponential- und logarithmische Formeln aufgestellt worden. Sequenz wählt für seine Rechnung das bekannte verhältnismäßig einfache Magnetisierungsgesetz von Fröhlich: $\mathfrak{B} - \mathfrak{H} = \frac{\mathfrak{H}}{\alpha + \beta \mathfrak{H}}$. Mit $\alpha = 5{,}7 \cdot 10^{-4}$ und $\beta = 4{,}9 \cdot 10^{-5}$ stimmen die hieraus gewonnenen Werte für $\mathfrak{H} = f(\mathfrak{B})$ mit den Ergebnissen aus den verschiedenen anderen Formeln im Bereich der praktisch vorkommenden Zahninduktionen von 16 000 bis 21 000 Gauß befriedigend überein.

Aber schon die Einführung dieser einfachen Fröhlichschen Beziehung liefert so verwickelte Ausdrücke, daß eine Vereinfachung geboten erscheint. Sequenz führt die Näherungsrechnung durch und erhält für die magnetische Zahnspannung die Formel

$$\Theta_z = t_n (K_1 \mathfrak{B}_0 + K_2 \sqrt{\mathfrak{B}_0} + K_3).$$

Hierin bedeuten t_n die Nuttiefe, $\mathfrak{B}_0$ die Kraftliniendichte im Luftspalt am Ankerumfang unter der Hauptpolmitte, K_1, K_2, K_3 Festwerte, die von den Nutenverhältnissen abhängen.

Für Gleichstrommaschinen gewöhnlicher Bauart vereinfacht sich der Ausdruck, so daß man für Überschlagrechnungen mit

$$\Theta_z = t_n \left(43{,}3 \frac{\mathfrak{B}_0}{1000} - 174\right)$$

rechnen kann. Die nach diesen einfachen Beziehungen berechneten magnetischen Zahnspannungen liegen in der Mitte der nach den verschiedenen bisherigen Verfahren ermittelten Werte. Natürlich gelten die Formeln nur innerhalb des oben angegebenen Bereiches, so daß die Leerlaufkennlinie einer Maschine nicht nach ihnen errechnet werden kann. (Sequenz, El. u. Maschinenb. Bd. 49, S. 1.) *Zrn.*

Apparate.

Beitrag zur Frage der Auslösecharakteristik von Motorschutzschaltern. — Ausgehend von der allgemeinen Erwärmungsgleichung zeigt A. St. Vincze, daß zwischen der Überlastung $p_i = \frac{I_i}{I_n}$ eines Elektromotors und der zulässigen Zeitdauer t_i dieser Überlastung die Beziehung

$$t_i = T \,.\, 2{,}303 \,.\, \lg \frac{1 - p_i^2}{2{,}25 - 1{,}25\, e^{-\frac{2}{T}} - p_i^2} \qquad (1)$$

gilt, wenn die nach R.E.M./1930 zulässige Grenzerwärmung von 60 °C — bei Dauerbelastung — über Umgebungstemperatur und die zulässige Überlastungsdauer von 2 min bei 50 % Überlast nach Erreichen dieser Endtemperatur der Berechnung zugrunde gelegt werden. Es bedeuten I_n den Nennstrom des Motors, I_i den beliebigen Überlastungsstrom, T die Zeitkonstante (Zeitfaktor) des Motors, e die Basis der natürlichen Logarithmen. Bei Motoren für Dauerbetrieb schwankt T zwischen 30 und 120 min, und dementsprechend wird sich ein Motor mit $T = 30$ min bei der Überlastung mit dem 1,5fachen Nennstrom während 2 min nach erfolgtem Dauerbetrieb auf 64,74 °C über Umgebungstemperatur, ein solcher mit $T = 120$ min nur auf 61,09 °C erwärmen.

Da ein Motorschutzschalter Motoren verschiedenster Herkunft und Zeitkonstante schützen soll, muß der ungünstigste Zeitfaktor von $T = 30$ min berücksichtigt werden, und so ergibt sich

$$t_i = 4140 \,.\, \lg \frac{1 - p_i^2}{1{,}08 - p_i^2} \quad [\text{s}] \qquad (2)$$

als die Gleichung der Zeit- und Stromcharakteristik eines Motorschutzschalters, welcher entsprechend den R.E.M./1930 gebaute Motoren — die also eine Überlastung mit dem 1,5fachen Nennstrom während 2 min aushalten — bei allen Überlastungen zu schützen vermag und in der richtigen Zeit abschaltet. Hält man sich nicht an die Vorschriften der R.E.M., sondern läßt nach der Überlastung mit dem 1,5fachen Nennstrom eine Grenzerwärmung von 70 °C anstatt 64,74 °C zu, was einer zulässigen Überlastungszeit von 4,22 min entspricht, so ergibt sich die Gleichung der Auslösekurve zu

$$t_i = 4140 \,.\, \lg \frac{1 - p_i^2}{1{,}16 - p_i^2} \quad [\text{s}]. \qquad (3)$$

Gute Motorschutzschalter müssen eine Auslösecharakteristik haben, welche sich der Gl. (2) möglichst genau anschmiegt; Gl. (3) kann als äußerste Toleranz gelten.

In einer Zahlentafel gibt der Verfasser die nach Gl. (2) und (3) ausgerechneten Werte der Auslösecharakteristik sowie zum Vergleich eine Zusammenstellung der Auslösezeiten ausgeführter Motorschutzschalter verschiedenen Fabrikates und Systems und die Auslösezeit einer Abschmelzsicherung. Motorschutzschalter, die noch viel kürzere Auslösezeiten haben als Gl. (2) angibt, lassen die Motoren nicht genügend ausnutzen, solche Apparate aber, deren Grenzstrom erst bei (1,15 ... 1,20) I_n liegt, können nicht als Motorschutzschalter gewertet werden, auch wenn sonst ihre Auslösecharakteristik die Toleranz nirgends überschreitet. Abschmelzsicherungen sind dagegen für den Motorschutz völlig unbrauchbar. (A. St. Vincze, El. u. Maschinenb. Bd. 49, S. 201.) *Sb.*

Beleuchtung.

Verbesserung der elektrischen Fabrikbeleuchtung. — Wie R. J. Waldo über industrielle Beleuchtung schreibt, hat sich der „Glas-Stahl-Diffusor", trotzdem dieser verhältnismäßig neuen Datums ist, bereits als eine der bemerkenswertesten Verbesserungen auf dem Gebiete des Beleuchtungswesens erwiesen, da er die Eigenschaften des emaillierten Reflektors mit dem Diffusionsvermögen der durchscheinenden Glasglocke verbindet. An der Oberseite sind sechs Öffnungen angeordnet, welche etwa 11 % des Lichtes gegen die Decke werfen, so daß der Schatten über der Lampe vermieden wird. Als unlängst in einer Kraftwagenfabrik die in einer Höhe von 3,05 m angeordneten 150 W-Lampen durch 3,66 m über dem Boden aufgehängte 300 W-Lampen mit Glas-Stahl-Diffusoren ersetzt wurden, welche den Arbeitstischen rd. 13,3 HK Licht zuführten, wurde nicht nur bei gleicher Arbeiterzahl die Produktion um 20 % gesteigert, sondern gleichzeitig die Unfallziffer um 75 % verringert. In einer anderen Anlage, einer Maschinen- und Werkzeugfabrik, wurden die in Abständen von etwa 4,6 m aufgehängten 100 W-Lampen durch in Abständen von 2,4 m angeordnete Lampen von 150 W ersetzt, wobei gleichzeitig Wände und Decke weiß gestrichen wurden. Dadurch wurde nicht nur die Produktion um 18 ... 25 % gesteigert, sondern gleichzeitig auch die Menge der Abfälle um 9 % und die Unfallziffer um 40 % vermindert.

Neuerdings ist von führenden amerikanischen Lampenfabriken im großen Maßstab auch eine förmliche Quecksilberdampf-Beleuchtung eingeführt worden. Die Quecksilberdampf-Lampe ist besonders wertvoll, wo scharfe Linien deutlich belichtet werden müssen. Zwar ist die Lampe in erster Linie eine Gleichstromlampe, doch kann mittels eines Gleichrichters auch Wechselstrom verwendet werden. In der Montageabteilung einer amerikanischen Maschinenbauanstalt wurden versuchsweise nicht weniger als 90 Quecksilberdampf-Lampen von 450 W angebracht. In der 6,1 m breiten Hauptwerkstätte sind hierbei die Lampen 3,45 m über dem Boden aufgehängt, wobei sie, ungeachtet zahlreicher Wellenleitungen und anderer Hindernisse, eine sehr wirksame Beleuchtung liefern. Der Stromverbrauch beträgt etwa 2 W/0,093 m²,

[1] Kirsten, Transact. Am. Inst. El. Engs. 1917.

d. h. etwa ein Drittel der früheren Ziffer (bei Verwendung von 75 W-Glühlampen). In der 35,1 m im Quadrat messenden Blechbearbeitungsabteilung sind die Lampen bei gleicher Höhe über dem Boden in Abständen von 6,40 m angeordnet, wobei der Stromverbrauch sogar nur etwa 13,5 W/m² beträgt. Die Quecksilberdampflampen blenden nicht und lassen Einzelheiten von Werkstücken schärfer hervortreten. Wegen der Länge der lichterzeugenden Röhren fallen die von Glühlampen erzeugten tiefen Schatten hinweg. In der Blechbearbeitungsabteilung wurde außerdem die durch die Reflexion des Lichts auf dem Metall verursachte Anstrengung der Augen beseitigt. (R. J. Waldo, Mech. World Bd. 90, S. 12.) *R. Me.*

Bahnen und Fahrzeuge.

Elektrisierung der Schweizerischen Bundesbahnen. — Als das im Jahre 1923 aufgestellte Programm[1] für die beschleunigte Durchführung der Elektrisierung der Hauptlinien der Schweizerischen Bundesbahnen seiner Vollendung entgegenging, entstand die Frage, ob die Elektrisierung ohne Unterbrechung fortzusetzen sei oder nicht. Die Generaldirektion riet damals, eine wenn auch kurze Pause eintreten zu lassen, um das wirtschaftliche Ergebnis der neuen Betriebsart sicherer beurteilen zu können und für den Abbau der Dampflokomotiven und des Personals mehr Zeit zu gewinnen. Ferner vertrat sie die Auffassung, daß die künftige Ausdehnung der Elektrisierung in einem weniger raschen Tempo als bisher zu vollziehen sei und sich den verfügbaren Geldmitteln anzupassen habe.

Die guten Erfahrungen, die andauernd mit dem elektrischen Betrieb gemacht werden, haben die Generaldirektion der SBB jedoch veranlaßt, ein Programm für eine zweite Elektrisierungsetappe aufzustellen, das 476 km umfaßte und ungefähr in sieben Jahren durchgeführt werden sollte[2].

Nachträglich kam noch die Linie Ziegelbrücke—Linthal von 28 km Länge hinzu als Kompensation für den endgültigen Verzicht auf den Bahnbetrieb der Strecke Weesen—Näfels seitens des Kantons Glarus. Das endgültige Programm umfaßt somit die Elektrisierung von 13 Linien mit einer Gesamtlänge von 504 km (vgl. Abb. 3), u. zw.:

Abb. 3.

	Baujahr
Neuchâtel—La Chaux-de-Fonds—Col-des-Roches	1930/31
Delsberg—Basel	1930/31
Wallisellen—Uster—Rapperswil	1931/32
Zürich—Affoltern—Zug	1931/32
Delsberg—Delle	1932/33
Uznach—Ziegelbrücke—Linthal	1932/33
Bern—Luzern	1932/34
Biel—Sonceboz—La Chaux-de-Fonds	1933/34
Rorschach—Buchs	1933/34
Gossau—Sulgen	1934/35
Neuchâtel—Les Verrières	1934/35
Sonceboz—Moutier	1935/36
Giubiasco—Locarno	1935/36

Die Kosten der Elektrisierung der in diesem Programm aufgeführten Linien werden rd. 85 Mill Fr betragen, davon entfallen 46 Mill auf die Unterwerke, Übertragungsleitungen und die elektrische Ausrüstung der Bahnen mit den zugehörigen Änderungen an den Schwachstromanlagen und Überbauten, 36 Mill auf die Triebfahrzeuge und 3 Mill auf die Verstärkung der Brücken. *Egb.*

[1] ETZ 1923, S. 180, 267.
[2] ETZ 1930, S. 19.

Hilfstromkreise für Triebwagenausrüstung bei hochgespanntem Gleichstrom. — Bei der immer größeren Ausdehnung der Städte besteht das Bestreben, die Spannung bei den meist mit Gleichstrom betriebenen Stadt- und Vorortbahnen möglichst hoch zu wählen. Nachstehend folgt eine Reihe solcher Anlagen, die mit 1500 V Gleichstrom und mehr betrieben werden.

		Stundenleistung in PS	Spannung V
V. S. Amerika	Illinois Central RR	965	1500
	Chicago, South Shore u. South Bend RR		1500
	Piedmont and Northern RR		1500
	Delaware, Lackawanna u. Western RR (in Arbeit)	885	3000
Kanada	Canadian National Rys	575	2400
Australien	Melbourne u. Sidney (Untergrundb.)	720 u. 560	1500
Indien	Great Indian Peninsula Ry (Bombay)	1100	1500
	Bombay, Baroda u. Central India R		1500
Java	Javan. Staatsb.	450	1500
Japan	Japanese Government R	536	1500
Holland	Niederlands. Staatsb.	800	1500
Nordafrika	Marokko-B.	700	3000
Spanien	Sp. Nordb.	920	1500
Schweiz	Nyon St.-Cergue-Morer-B.	385	2200
	Chur—Arosa	385	2200
Italien	Pinerolo-Parosa-Argentina-B.	330	2200
	Biella—Oropa	380	2400
	Biella-Valle-Mossa-Bahn	340	2400
	Pescara-Penne-B. (im Bau)	380	2600
	Spoletto-Norcia-B.	400	2600
	Roma—Ostia	362	2600
	Fermano—Porto—St. Giorgio—Fermo Amandola (im Bau)	400	2600
	Sangritana-B.	400	2600
	Arezo—Sinalunga-B. (im Bau)	580	3000
	Viceno—Chiampo (im Bau)	580	3000
	Dolomiten-B. (im Bau)	380	3000
	Norte—Milano	730	3000
	Torino—Cirie—Valle di Lanzo	388	4000 (4700)
Österreich	Peggau—Uebelbach		2200

Während die hohe Spannung für die Hauptstromkreise und die Triebmotoren keine Schwierigkeiten bot, konnte sie für die Hilfstromkreise nicht ohne weiteres verwendet werden. Bei den ersten Ausführungen sind daher kleine Umformer aufgestellt worden, die die Energie für die Luftpumpen, Heizung, Beleuchtung und Steuerung lieferten. Ein Beispiel dafür bieten die Linien Nyon—St. Cergue—Morer und Chur—Arosa; beide arbeiten mit einer Netzspannung von 2200 V; jeder Wagen ist mit 4 Motoren (zusammen 400 PS) ausgerüstet; außerdem mit einem Umformer von 40 kW Dauerleistung, von dem die Energie für Heizung und Beleuchtung (33 kW), für den Saugpumpenmotor (4 kW), für den Druckpumpenmotor von 3 kW bei einer Spannung von 300 V entnommen wird. (Druckluft wird für den Stromabnehmer, für den Hauptschalter, für den Fahrtwender und für die Schienenbremse, Saugluft für die Bremsen gebraucht.) Der Hochspannungsmotor wurde mit einem Kommutator ausgeführt. Später gebaute Umformer erhielten zusätzlich einen kleinen Hilfsgenerator zwecks Konstanthaltung der Generatorspannung bei schwankender Netzspannung.

Infolge der immer größer werdenden Leistungen ging man dazu über, die einzelnen Hilfsmotoren und Apparate für die ganze Netzspannung zu entwickeln, um den Umformer für die Steuerung und Beleuchtung so klein als möglich halten zu können. Heute werden die Luftpumpenmotoren direkt für 1500 V und auch für 3000 V gebaut; die Heizung wird ebenfalls an 1500 V oder 3000 V gelegt. 1920 wagte es die Torino-Lanzo-Ceres-Bahn zuerst, die Heizung an 4000 V Gleichstrom anzuschließen. Es war ein voller Erfolg.

Niederspannung ist heute nur noch für Steuerstrom und Beleuchtung erforderlich, u. zw. wählt man meist Spannungen von 24, 32 und 48 V. Die Energie wird einer Batterie entnommen, die dafür vorgesehen ist und die von einem Motorgenerator (Leistung 1 ... 2,5 kW) aufgeladen wird.

Bei einigen Wagen der bereits erwähnten Bahn Torino—Lanzo hat man den Umformer durch einen Achsgenerator von 48 V und 3,5 kW Dauerleistung ersetzt, der mit einer Batterie zusammen den Steuer- und Lichtstrom liefert und eine Luftpumpe von 2 kW speist. Außerdem ist eine mechanisch angetriebene Luftpumpe vorhanden.

Im Frühling 1929 wurde die Bahn Norte—Milano mit 3000 V Gleichstrom in Betrieb genommen. Triebwagenzüge mit Vielfachsteuerung vermitteln den Verkehr. Die Strecke wird mittels Gleichrichter (6000 kW je Einheit) gespeist. Jeder Triebwagen ist mit 4 selbstventilierten Tatzenlagermotoren von je 190 PS bestückt. Der Kompressormotor und die Heizung für Motorwagen und Anhänger werden mit 3000 V betrieben. Den Beleuchtungs- und Steuerstrom liefert ein Achsgenerator von 36 V, der in jedem Motorwagen und Anhänger eingebaut ist. Der Motorgenerator ist dadurch vermieden. (O. K. Marti u. W. Giger, Am. Inst. El. Engs. Bd. 49, S. 562.) *Tbr.*

Fernmeldetechnik.

Auf dem Wege zum Ozean-Fernsprechkabel. — Die American Telephone & Telegraph Co. beabsichtigt, für die unterseeische Fernsprechverbindung zwischen Neufundland und Irland ein einadriges Kabel zu verwenden, dessen Leiter nach dem Krarup-Verfahren mit erhöhter Induktivität ausgestattet und mit einem Guttaperchagemisch von günstigen dielektrischen Eigenschaften isoliert ist. Auch ein papierisoliertes Kabel mit Bleimantel-Wasserschutz und entsprechend durchgebildetem Manteldruckschutz (Hohlseilkabel nach Zapf) würde, wie nach den mehrfach angestellten Versuchen im Laboratorium und in der Tiefsee erwartet werden darf, mit hinreichender mechanischer Festigkeit für die Überquerung des Ozeans aufgebaut werden können. Während sich demnach für die technische Ausführung des Ozean-Fernsprechkabels mehrere Wege zeigen, ist die Frage der Wirtschaftlichkeit schwerer zu übersehen.

Die Kosten für die Einheit der Kabellänge hängen ausschlaggebend von den anwendbaren Verstärkerleistungen und Verstärkerfeldlängen ab. Auf dem Meereswege ist die Möglichkeit zur Einschaltung von Verstärkern nur durch Inselgruppen gegeben, die oft — wie die Azoren für die Seelinie Mitteleuropa—Nordamerika — nur mit großen Umwegen und Hindernissen erreichbar sind. Die Bestrebungen zur Verkürzung der Verstärkerfelder auf dem Seewege suchen diesem Ziele auf zwei Wegen näher zu kommen. Den einen Weg zeigen die schwimmenden Inseln. Der Gedanke zur Schaffung derartiger Bauwerke ist nicht der Technik des Nachrichtenwesens, sondern dem Ozeanflugverkehr entsprungen. Acht Zwischeninseln würden eine durchschnittliche Verstärkerfeldlänge von weniger als 1000 km ergeben, die nach dem heutigen Stande der Seekabel- und Verstärkertechnik ohne Schwierigkeit bereits mit einem Kabel für mehrere Stromkreise in Doppelleitungs- oder Vierdrahtschaltung zu überbrücken sind. Schon wenn man etwa in der Mitte der Teilstrecken Bermudas—Azoren—Spanien nur je eine Verstärkerstation auf einer künstlichen Insel einschaltete, dürften sich die Anlagekosten in Grenzen halten, die einen wirtschaftlichen Erfolg verbürgen.

Einen zweiten Weg für die Anlage eines Transozean-Fernsprechkabels gibt ein Vorschlag der Firma Felten & Guilleaume an. Er will schwimmende Verstärkerstationen in einer Tiefenlage, in der keine störenden Wasserbewegungen mehr wirksam sind, über den Meeresweg verteilen. Die Verstärker sollen in schwimmenden Tragkörpern untergebracht werden, die mit Stahltrossen fest verankert sind und durch geeignete Vorrichtungen in einer Tiefe von 80 ... 100 m schwebend erhalten werden. Die örtliche Lage der Station wird durch mehrere im Umkreise getrennt verankerte Bojen gekennzeichnet, um das jederzeitige Wiederauffinden zu ermöglichen. Als Stromquellen sind neben Akkumulatoren mit noch besserem Wirkungsgrad Trockenelemente gedacht, die bei zeitlich unterbrochener Stromabgabe von höchstens 0,2 A mehr als 100 Ah leisten. Durch Parallelschaltung der Elemente läßt sich der Stromverbrauch zur Heizung der Verstärkerlängen auf 2 mA je Element halten, so daß sich eine theoretische Lebensdauer der Batterie von 5000 Betriebstunden ergibt. Um die Lebensdauer der Batterie und der ganzen Verstärkeranordnung möglichst auszudehnen, wird die Ein- und Ausschaltung der Verstärker durch Signalstrom auf die tägliche Betriebszeit beschränkt; man ordnet für die Heiz- und Anodenbatterie Ersatzgruppen an, die nach Bedarf durch Minimalrelais eingeschaltet werden und in dem Verstärkergehäuse genügend Platz finden; durch andere gleichartige Relais läßt sich der Elektrolyt selbsttätig ein- oder nachfüllen; auch Ersatzröhren können so in den Verstärkerkreis eingeschaltet werden. Selbst bei einem Dauerbetrieb in den Fernsprechleitungen wird eine von jeder Unterhaltung unabhängige Betriebszeit von einem Jahr und mehr zu erreichen sein. Wird dann im Laufe der Zeit die Auswechslung von Röhren und Elementen oder aus anderem Anlaß die Aufnahme der Station erforderlich, so können die Arbeiten ohne großen Zeitverbrauch — jedenfalls mit weit geringerem, als ihn gemeinhin Kabelinstandsetzungen erfordern — und ohne Betriebsunterbrechung von jedem größeren ozeantüchtigen Fahrzeug ausgeführt werden, ohne daß es dazu des Einsetzens eines kostspieligen Kabelschiffes bedarf (Ew. Müller, Europ. Fernspr. 1930, S. 379.) *Bm.*

Messungen an Lautsprechern im Vakuum. — Um sich über die Wirkungsweise von elektrodynamischen Lautsprechern genauer zu unterrichten, ist es erforderlich, ihre im Betrieb gleichzeitig wirksamen elektrischen, mechanischen und akustischen Eigenschaften einzeln zu untersuchen. In diesem Sinne mißt Turner den Frequenzverlauf des elektrischen Scheinwiderstandes einer Lautsprecher-Schwingspule unter drei verschiedenen Bedingungen: 1. bei festgebremster Spule, 2. bei frei im Vakuum schwingender Spule, 3. unter normalen Bedingungen. Der erste Fall ergibt dann die rein elektrische Impedanz $\mathfrak{R}_1 = R_1 + X_1$, aus den beiden anderen läßt sich einmal die mechanische $\mathfrak{R}_m = R_m + X_m$, das anderemal die mechanische plus der akustischen $\mathfrak{R}_a = R_a + X_a$, aus den Daten der elektromechanischen Kopplung ermitteln.

Bei den Messungen werden normale Brückenmethoden benutzt und zuverlässige Werte zunächst zwischen etwa 40 Hz und je nach der Art des Widerstandsanteils 1000 bis 8000 Hz erhalten. Ganz besondere Schwierigkeiten bietet dabei die Brückenabgleichung im Falle 3.: „normal", wegen der Mikrophonwirkung des Lautsprechers; um impulsartige akustische Störungen überhaupt einigermaßen eliminieren zu können, bedient sich der Autor einer sehr hübschen stroboskopischen Methode.

Die Meßergebnisse gestatten folgende wichtigsten Schlüsse: 1. Die Wirkung der Wirbelströme im umgebenden Eisen kann mit genügender Annäherung durch induktive Kopplung der Schwingspule mit einer gedachten widerstandsbelasteten Spule dargestellt werden. 2. Das mechanische System schwingt bis etwa 400 Hz als Ganzes und ist elektrisch einer Serienschaltung von einer Masse (der Spulen- plus der Konusmasse) mit einer Kapazität mit Ableitung äquivalent, die im wesentlichen der Elastizität und Reibung der Einspannung und des Konus entspricht. Diese Größen können aus den Messungen entnommen und anderseits teilweise direkt bestimmt werden, wobei sich gute Übereinstimmung ergibt. Bei höheren Frequenzen wird, wie es naheliegt, als elektrisches Ersatzschema des Konus eine homogene Leitung angesehen, deren Anfangs- bzw. Endabschluß einerseits durch die schon bekannte Einspannung und die Spule, anderseits durch die Außenbefestigung des Konus gegeben ist, welch letztere aber einen verhältnismäßig kleinen Scheinwiderstand hat, so daß die Leitung als „kurzgeschlossen" gelten kann. Die Messungen ergeben bei mittleren Frequenzen den Wert des ersten Entwicklungsgliedes des Konus-Scheinwiderstandes, von der Schwingspule aus gesehen, nach der Frequenz. Anderseits liefern sie bei hohen Frequenzen, bei denen die Leitung „lang" ist, einen mittleren Wellenwiderstand. 3. Der Verlauf des akustischen Scheinwiderstandes ist, bezogen auf den einer entsprechenden Kolbenmembran, dadurch gekennzeichnet, daß der Blindanteil bei höheren Frequenzen verhältnismäßig klein wird, während der Wirkanteil bei tiefen Frequenzen rd. 1,5 beträgt, bei etwa 1000 Hz ein Maximum von rd. 2,5 aufweist und für hohe Frequenzen → 1 geht.

Abb. 4. Berechneter Verlauf des Wirk- und Blindanteils R_m und X_m des mechanischen Widerstandes der im Vakuum schwingenden Spule mit Konus (-----); gemessener Verlauf des mechanischen plus akustischen Widerstandes der Schwingspule mit Konus unter normalen Bedingungen. Wirkanteil R_{m+a} und Blindanteil X_{m+a} (———).

Unter Benutzung der zuverlässigen Meßwerte werden dann auf Grund der angedeuteten theoretischen Überlegungen die Kurven für den elektrischen, mechanischen und akustischen Impedanzverlauf wieder rückwärts berechnet, wobei sich recht gute Übereinstimmung mit den ursprünglichen Meßwerten ergibt, so daß weiterhin Extrapolationen

nach höheren Frequenzen bis 8000 Hz für solche Scheinwiderstandsanteile vorgenommen werden können, die in diesem Bereich keiner genauen Messung zugänglich waren. Aus dem auf diese Weise direkt und indirekt gemessenen gesamten Frequenzverlauf des akustischen Wirkwiderstandes wird dann einerseits die Abstrahlung berechnet, anderseits können aus den gewonnenen elektrischen Impedanzwerten die aufgenommene Leistung bzw. Spannung und Strom bestimmt werden; es gelingt so indirekt, die Frequenzkurve des Lautsprechers sowie seinen elektroakustischen Wirkungsgrad zu ermitteln; doch war es dem Verfasser nicht mehr möglich, auch direkte Kontrollmessungen durchzuführen.

Mit als wichtigstes Ergebnis der Untersuchung bezeichnet Turner die Klarstellung der Ursachen für die verhältnismäßig guten Eigenschaften der elektrodynamischen Lautsprecher bei hohen Frequenzen, bei welchen die einfachen Theorien, die den Schwingkörper als Ganzes betrachten, versagen. Diese Ursachen sind einmal der Abfall der Spuleninduktivität bei hohen Frequenzen wegen der Wirbelströme, weiter besonders der der wirksamen Maße des Konus wegen dessen verteilter Schwingungsform und schließlich der günstige Verlauf der akustischen Impedanz. Abb. 4 und 5 zeigen hierzu den Wirk- und Blindanteil des

Abb. 5. Wirksame Konusmasse von der Spule aus gesehen, im Vakuum (m'_v berechnet) und unter normalen Bedingungen (m'_n gemessen).

mechanischen (Vakuum) und mechanischen plus akustischen Widerstandes (normal) sowie den Frequenzverlauf der wirksamen Konusmasse, von der Antriebspule aus gesehen. (P. K. Turner, Vortrag im Inst. El. Engs. London, Jan. 1931.) *Brd.*

Hochspannungstechnik.

Überspannungen in Transformatorenwicklungen. — Die Überspannungen, die in Hochspannungsanlagen auftreten, werden durch Erdschlüsse, Schaltvorgänge und Gewitter hervorgerufen. Die bei Erdschlüssen entstehende Überspannung erreicht in Systemen mit geerdeter Neutrale etwa das 2½fache der Sternspannung, in nicht geerdeten Anlagen das 6fache der Betriebspannung. Schaltvorgänge ergeben nur schwer schätzbare Überspannungen; die höchste, die festgestellt werden konnte, erreichte das 6fache der Betriebspannung. Diese Überspannungen erreichen ihr Maximum nach wenigen Mikrosekunden, rufen jedoch noch keinen Überschlag an den Isolatoren hervor. Viel gefährlicher sind dagegen die Gewitterüberspannungen, die nur durch die Überschlagspannung der Isolatoren begrenzt sind. Da der Blitz rasch abklingende Spannungsstöße von außerordentlich steiler Stirn hervorruft, treten Spannungsspitzen auf, die das 2,5- ... 2,7fache der 60periodigen Überschlagspannung betragen. Der Einfluß derartiger Spannungsstöße auf die Wicklungen von Transformatoren wurde mit Hilfe einer Stoßanlage experimentell untersucht. Benutzt wurde ein Einphasen-Manteltransformator von 3000 kVA, 140/5 kV, mit drei Spulengruppen auf der Oberspannungseite, ferner ein Einphasen-Kerntransformator von 667 kVA, 66/7,2 kV, mit Zylinderwicklung. Beide Transformatoren waren einpolig geerdet. Die Abhängigkeit der Spannungsverteilung vom Wicklungsaufbau bei Stößen, die in weniger als 1 µs ihr Maximum erreichen und in 5 µs auf den halben Wert abklingen, zeigt Abb. 6. Die Kurve *A* gilt für den Kerntransformator, die übrigen für den Manteltransformator, u. zw. *B* mit 3, *C* mit 2 Spulengruppen und *D* mit 1 Gruppe. Man erkennt deutlich den Vorzug eines niedrigen Stapels weiter Spulen. Weiterhin wird die Spannungsverteilung von der Form der Überspannungswelle beeinflußt. Je kürzer der Spannungstoß ist, um so ungleichmäßiger verteilt er sich auf die Wicklung, d. h. um so höher werden die Eingangswindungen beansprucht. In Abb. 7 ist die Verteilung verschiedener Überspannungswellen auf die Wicklung des Manteltransformators dargestellt. Kurve *A* zeigt den Verlauf eines 60 µs-Stoßes, Kurve *B* denjenigen eines solchen von 5 µs, Kurve *C* den eines abgehackten Stoßes.

Abb. 6. Spannungsverteilung bei verschiedenem Wicklungsaufbau.

Abb. 7. Spannungsverteilung bei verschieden geformten Überspannungswellen.

Die höchsten Überspannungen sind also solche mit außerordentlich steiler Stirn, welche die ungünstigste Verteilung der Spannung auf die Wicklung des Transformators ergeben. (J. K. Hodnette, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 48, S. 829.) *R. K.*

Chemie.

Ein Gleichrichter mit kolloidem Silber. — M. André hat einen elektrolytischen Gleichrichter erfunden und in jahrelanger Arbeit durchgebildet, welcher als Anode kolloides Silber, als Elektrolyten konzentrierte Schwefelsäure und als Kathode eine Nickel-Silizium-Legierung enthält. Diese Ventilzelle bietet dem Strom in der einen Richtung einen Widerstand von nur $10^{-2}\,\Omega$, in der anderen aber von $10^{5}\,\Omega$. Die zulässige Spannung ist 25 V. Die Zelle muß sehr gut verschlossen sein, damit keine Luftfeuchtigkeit zur Schwefelsäure gelangt und sie verdünnt. Im Boden des runden metallischen Gehäuses ist die Kathode isoliert befestigt, welche zuvor elektrolytisch oxydiert wurde. Das kolloide Silber darüber ist mit Kieselsäurepulver bedeckt, welches einen Vorrat von Säure aufgesaugt hat. Oben ist die Zelle mit Asbestscheiben verschlossen, welche mit Paraffin und Bakelit überzogen sind; von der Füllung trennt sie ein Glasring, damit keine Säure zum Verschluß emporkriecht. Wenn sich die Zelle beim Arbeiten erwärmt, können entwickelte Gase durch das erweichte Paraffin austreten. Die kleine Ausführung der Zelle hält 2500 ... 3000 Ah aus, was für die Verwendung zum Laden von kleinen Bleisammlern von z. B. 20 Ah Kapazität genügt, denn diese sind nach 100 ... 150 Entladungen ebenfalls unbrauchbar. Das Güteverhältnis der Gleichrichtung beträgt bei einer einzelnen Zelle an 40 %; indem man 4 Zellen nach Graetz schaltet, kann man 75 ... 80 % des hineingeschickten Wechselstromes als Gleichstrom gewinnen. (M. André, Bull. Soc. Franç. des El. Bd. 9, S. 961.) *K. A.*

Fortschritte der amerikanischen Elektrometallurgie. — In der neuen nach dem Tainton-Pring-Verfahren arbeitenden Anlage in Idaho können 50 t Elektrolytzink täglich erzeugt werden. Die Bäder sind in zwei Gruppen zu je 150 geschaltet. Jede Gruppe erhält 16 000 A mit 500 V. Die Stromdichte beträgt über 1000 A/m², die Badspannung 3½ V. Jedes Bad enthält 20 Kathoden aus Aluminium und Anoden aus einer Bleilegierung. Die vorgereinigte Zinklösung kreist in den Bädern, bis 90 % des Zinks ausgefällt sind und der Gehalt an freier Säure auf 28 % gestiegen ist. Zeitweilig wird ein Teil des Elektrolyten erneuert. Die Stromausbeute ist im Mittel 85 %. Das Elektrolytzink ist sehr rein und weich.

Das Überziehen mit Kadmium an Stelle des Vernickelns steht jetzt unter der Hemmung, daß die Kadmiumpreise sehr gestiegen sind. Verchromt wird viel; die Stromdichte beträgt 10 ... 30 A/dm², die Badspannung 6 ... 12 V. Ein Chromüberzug von 1/1000 mm Dicke genügt; stärkere Chromschichten blättern leicht ab. Der Chromüberzug ist sehr hart. Dem Vernickeln tut das Verchromen keinen Abbruch, im Gegenteil, denn dem Verchromen geht zweckmäßig ein Vernickeln voran. Man bevorzugt jetzt Nickelanoden mit wenigstens 99 % Ni.

In einer elektrothermischen Anlage für Zink soll ein Ofen täglich 50 t liefern.

Ein neues, äußerst hartes Material für Schneidstähle ist Carboloy, Wolframkarbid, dessen Festigkeit durch Zusatz von Kobalt erhöht ist.

Was die Bedeutung der Elektrochemie für die Elektrotechnik anlangt, so werden schätzungsweise jährlich Gleichstrommaschinen für 200 000 kW Gesamtleistung für

elektrolytische Zwecke in der Welt verkauft. (Annual Report of Committee of Electrochemistry and Electrometallurgy, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 48, S. 878.) *K. A.*

Verschiedenes.

Besucherzahlen der deutschen Technischen Hochschulen. — Die nachstehend veröffentlichte Übersicht des Besuchs der deutschen Technischen Hochschulen und Bergakademien für das Wintersemester 1930/31 zeigt das gewohnte Bild; die Zahlen sind insgesamt unverändert geblieben. Um den Überblick über die Entwicklung der letzten Jahre zu erleichtern, fügen wir eine Tafel der Gesamtbesucherzahlen bei:

Gesamtzahl der Studierenden in Tausend.

W. 25/26	S. 26	W. 26/27	S. 27	W. 27/28	S. 28
24,0	22,9	24,1	22,7	23,7	24,1

W. 28/29	S. 29	W. 29/30	S. 30	W. 30/31
24,3	23,6	25,6	24,9	26,6

Besuch der deutschen Techn. Hochschulen und Bergakademien im Wintersemester 1930/31.

Hochschule	Allgem. Wissenschaften	Architektur	Bauingenieurwesen	Bergbau	Hüttenkunde	Chemie und Pharmazie	Elektrotechnik	Maschinenbau	Schiffbau und Flugtechnik	Summe der Studierenden I	Hörer und Gäste II	Ausländer in I u. II III
Aachen	89	102	190	69	204	61	126	216	—	1057	555	97
Berlin	447	653	1092	155	89	282	1031	1083	308	5140	758	892
Braunschweig	381	97	146	—	—	—	160	220	—	1170	254	79
Breslau	57	22	129	22	45	54	106	184	—	619	143	67
Clausthal	19	—	—	159	118	—	—	—	—	296	22	8
Danzig	189	160	386	—	—	176	294	433	193	1831	183	518[1]
Darmstadt	593	248	377	—	—	238[2]	568	739[3]	—	2763	346	229
Dresden	2046[4]	323	384	—	—	270	1015		—	4038	314	322
Freiberg	—	—	—	119	88	—	—	—	—	207	31	67
Hannover	103	216	479	—	—	99	376	601	—	1874	352	63
Karlsruhe	62	230	236	—	—	122	251	402	—	1303	36	151
München	876[5]	347	814	—	—	539[6]	709	988	—	4199	276	436
Stuttgart	234	548	409	—	4	165	201	507	—	2068	568	96
										26565	3838	3025

[1] Nicht aus Danzig oder dem Deutschen Reich stammend.
[2] Darunter 86 Papieringenieure.
[3] Darunter 8 Gasingenieure.
[4] Darunter 79 Studierende der Forstwissenschaften.
[5] Darunter 179 Studierende der Landwirtschaft.
[6] Darunter 255 Brautechniker.

Neue Normblätter des DNA. — Bergbau: DIN Vornorm BERG 2411 Betätigungssinn für elektrische Schalt-, Anlaß- und Steuergeräte (Juli 31),

Bibliothekswesen: DIN Vornorm 1504 Buchkarte, Inhaltsfahne, Inhaltskarte (Juni 31).

Energiewirtschaft.

Der Haushalttarif und seine Formen. — Um Aufbau und Anwendung der verschiedenen Haushalttarife in Deutschland festzustellen, führte Dr.-Ing. H. Vogt, Augsburg, Untersuchungen an 120 Haushalttarifen von 84 Elektrizitätswerken durch, die folgendes Ergebnis hatten.

Nur ein Viertel der Haushalttarife wendet besondere Meßeinrichtungen an, um den sog. Haushaltverbrauch vom Lichtverbrauch zu trennen, während bei drei Vierteln (91) der Tarife der gesamte Verbrauch einheitlich behandelt wird. Von diesen sind wieder drei Viertel (68) ausgesprochene Grundgebührentarife, von allen untersuchten Tarifen also mehr als die Hälfte. Die Regelverbrauchtarife nehmen mit 17 die zweite Stelle ein.

Bei den Grundgebührentarifen wird bei 57 %, d. h. der überwiegenden Zahl, die Größe der Wohnung der Bemessung der Grundgebühr zugrunde gelegt, während 33 % elektrische Größen (Anschlußwert, Zählermeßbereich, Lampenzahl, Höchstleistung) hierzu heranziehen. 10 % der Tarife beruhen auf dem früheren Verbrauch des Abnehmers vor Einführung des Haushalttarifs.

Von den Regelverbrauchtarifen beruhen 75 % auf der Wohnungsgröße, 19 % auf dem früheren Verbrauch und nur 6 % auf der Höchstleistung. Bezüglich der Höhe des Regelverbrauchs je Wohnung oder je Zimmer ergeben sich stark voneinander abweichende Werte. So schwankt der Regelverbrauch für eine Dreizimmerwohnung im Januar zwischen 8 und 16 kWh, im Juli zwischen 2 und 4 kWh. Für Vierzimmerwohnungen ergeben sich im Januar Werte zwischen 11 und 22 kWh usw. Über die Höhe der zugehörigen Strompreise, die für die Beurteilung dieser Verschiedenheiten natürlich sehr wichtig ist, sind in dem Aufsatz leider keine Angaben gemacht.

Dagegen hat der Verfasser versucht, bei den Grundgebührentarifen den bei der Bemessung der Grundgebühr angenommenen Normalverbrauch (Licht) nach der Gleichung

$$\text{Normalverbrauch} = \frac{\text{Grundgebühr} - \text{Zählergebühr}}{\text{Lichtstrompreis} - \text{Haushaltstrompreis}}$$

zu ermitteln. Voraussetzung hierfür war natürlich das Vorhandensein eines vergleichbaren Lichttarifs und die eindeutige Feststellbarkeit der anderen Werte. Daher konnten nur 36 Grundgebührentarife nach diesen Gesichtspunkten untersucht werden, und, umgerechnet auf ein Zimmer, ergibt sich ein mittlerer „Normalverbrauch" von 30 bis 40 kWh jährlich, wobei die Werte mit der Wohnungsgröße steigen. Nur die Einzimmerwohnungen zeigen mit 37 kWh einen aus dem stetigen Verlauf herausfallenden Wert.

Interessant sind die Feststellungen über die Höhe der Haushaltstrompreise. Als solche werden bei Regelverbrauchtarifen die niedrigere Preisstufe, bei Grundgebührentarifen der Arbeitspreis bezeichnet. Besonders bevorzugt sind die Preise 10, 15 und 20 Pf/kWh, die bei 19, 18,3 und 17,5 % der untersuchten Tarife angewendet werden. Eine beachtliche Häufigkeit (zwischen 5 und 6,7 %) zeigen noch die Preise 8, 12, 16 und 25 Pf/kWh, während die übrigen zwischen 5 und 30 Pf/kWh insgesamt nur bei 21 % der Tarif angewendet werden. Man sieht, daß auch ästhetische Momente die Wahl der Strompreise beeinflußt haben.

Aus den Untersuchungen ergibt sich zusammengefaßt:

1. Am häufigsten wird der Grundgebührentarif angewandt;
2. daneben führt sich in steigendem Maß der Regelverbrauchtarif ein;
3. die meisten Haushalttarife beruhen auf der Zimmerzahl;
4. der jährliche „Normalverbrauch je Zimmer" liegt etwa zwischen 30 und 40 kWh. (Das öffentl. Elektrizitätsw. Bd. 3, S. 158 ff. [1931]). *Ni.*

Kurze Auslandsnachrichten. — Spanien. Nach dem von der Berl. Börs.-Zg. auszugsweise mitgeteilten Geschäftsbericht der Compañia Hispano-Americana de Electricidad S. A., Madrid, hat sich die Erzeugung elektrischer Arbeit in den V. S. Amerika, an deren Elektrizitätsunternehmungen die Gesellschaft nicht interessiert ist, 1930 um 4,1 % verringert, in den Ländern aber, an deren Werken sie Anteil hat, wie Frankreich, Belgien, Mexiko und Argentinien, in zufriedenstellender Weise entwickelt. In Belgien betrug die Zunahme 1,6 %, in Frankreich ist der Verbrauch in der Pariser Zone von 2,093 auf 2,215 Mrd kWh gewachsen. Die Produktion der Mexican Light & Power Co. Ltd. erreichte 682 Mill kWh gegen 660 i. V. und die der argentinischen Unternehmungen der Berichterstatterin 829 Mill kWh oder 10,25 % mehr als 1929 (752 Mill kWh). Als Überschuß aus dem Betrieb, Dividenden usw. werden 119,910 Mill Pes ausgewiesen (120,757 i. V.). Der Reingewinn mit Vortrag betrug rd. 58,7 Mill Pes (58,3 i. V.) und die Dividende in Gold wieder 17 % bei unverändert 260 Mill Pes Aktienkapital. — England. Einem Bericht der Elektrizitätskommission zufolge weist der Stromabsatz im Jahr 1929/30 nach Times eine Zunahme um 866 Mill kWh oder 11 % gegen 1928/29 auf. Seit der schweren industriellen Depression von 1921/22 ist der Verkauf an die Abnehmer von 3,121 auf 8,666 Mrd kWh, d. h. jährlich im Durchschnitt um nahezu 693 Mill kWh gestiegen. Verglichen mit 1928/29 ergibt sich für Beleuchtung und Haushaltszwecke eine Zunahme um 308 Mill kWh, für Kraftzwecke um 481 Mill kWh. Bei einer für 1929 auf 44,5 Millionen geschätzten Einwohnerzahl Großbritanniens stellt sich für alle autorisierten Unternehmungen in 1929/30 der mittlere Jahresbedarf auf etwa 195 kWh je Kopf der Be-

völkerung. Diese Zahl bezieht sich jedoch lediglich auf die öffentliche Elektrizitätsversorgung und ist kein Maß des Gesamtverbrauchs im Königreich, da zahlreiche Werke nicht zu diesen Unternehmungen gehören, aber große Mengen elektrischer Arbeit für Zugbeförderung und industrielle Zwecke produzieren. Die Zahl der an die Leitungsnetze angeschlossenen Abnehmer betrug Ende 1929/30 rd. 3,472 Mill, d. h. über 15 % mehr als im Vorjahr. 1929/30 benötigte die Elektrizitätslieferung mehr als 8,88 Mill tons Kohle und Koks, abgesehen von relativ geringeren Mengen anderer Brennstoffe. Während die Dampfkraftgewinnung 1920/21 im Mittel noch 3,42 lb je erzeugte Kilowattstunde erforderte, ist dieser Verbrauch 1929/30 unter 2 lb gesunken. Der Gesamtertrag der autorisierten Unternehmungen aus dem Betrieb stellte sich im letztgenannten Jahr auf 59,711 Mill £ (55,454 i. V.), d. s. durchschnittlich 1,29 d je verkaufte Kilowattstunde (1,37 i. V.). Sein Überschuß über die Betriebsausgaben wird zu 25,074 Mill £ bzw. 7,7 % der Kapitalaufwendung am Jahresschluß angegeben. Einschließlich der Erträge aus anderen Quellen in Höhe von 2,623 Mill £ ergibt sich ein Rohsurplus von 27,697 Mill £ oder 8,4 % der gesamten Kapitalaufwendungen. — Der Central Electricity Board hat nunmehr den von den Elektrizitätskommissaren ausgearbeiteten Plan für die Versorgung Südschottlands angenommen. Die Kosten werden, wie Manchester Guardian berichtet, auf 3,468 Mill £ geschätzt. Nach der Genehmigung dieses neunten der unter dem Electricity (Supply) Act von 1926 entworfenen Pläne bleibt nunmehr noch das Projekt Nordschottland zu prüfen, bei dem es sich um einen sehr spärlich bevölkerten Landesteil mit einigen beträchtlichen Wasserkräften handelt, die aber z. T. (Galloway) schon für die Stromversorgung Mittelschottlands herangezogen werden. — Belgien. Das 1929 von der Cie. Générale d'Entreprises Electriques et Industrielles (Electrobel) mit 400 Mill Fr gegründete Holdingunternehmen Cie. Hispano-Belge d'Entreprises Electriques et Industrielles (Hispanobel) hat an seinen Beteiligungen, besonders an der von ihm ins Leben gerufenen spanischen Gesellschaft „Reva" (Regadios y Energia de Valencia), die unter Ausnutzung der Wasserkräfte der Turia Bewässerungs- und Stromversorgungsanlagen in Spanien errichten wollte, 186 Mill Fr, d. h. nahezu die Hälfte seines Aktienkapitals verloren. Durch Übernahme der Reva-Anteile an Elektrizitätswerken und den Aufbau anderer Geschäfte industrieller Art hofft man, die Einbuße ausgleichen zu können. — Tschechoslowakei. Das Elektrisierungsgesetz von 1919 enthält einen Paragraphen, der es dem Arbeitsministerium ermöglicht, Elektrizitätswerke in gemeinnützige umzuwandeln bzw. nötigenfalls zu enteignen. Zu diesem Ende des Jahres seine Gültigkeit verlierenden Paragraphen hat das genannte Ministerium unlängst eine Verordnung ausgearbeitet und dem staatlichen Elektrizitätsbeirat zugehen lassen. Von diesem ist dann eine Entschließung zugunsten einer Gemeinnützigerklärung von noch näher zu bestimmenden privaten und kommunalen Elektrizitätswerken angenommen worden. Zahlreiche gegen diese gerichtete Proteste, besonders aus dem sudetendeutschen Gebiet, lassen erhoffen, daß der Entwurf in seiner gegenwärtigen Fassung noch in letzter Stunde zu Fall gebracht wird. — Unlängst hat man das Spitzenkraftwerk am Schwarzen See im Böhmerwald, welches an das Netz der Westböhmischen Elektrizitätswerke AG., Pilsen, angeschlossen ist und eine Hochdruckpumpe für 1900 PS und 204 m Förderhöhe besitzt, dem Betrieb übergeben. Die bisherigen guten Erfahrungen mit der Anlage lassen erwarten, daß dieser ersten Pumpspeicheranlage in der Tschechoslowakei bald weitere folgen werden. — V. S. Amerika. Eine Studie der NELA, die dafür eintritt, daß die jetzt von den nicht kommunalen Elektrizitätsunternehmungen zu zahlende Steuer beseitigt und die bezüglichen Beträge zur Herabsetzung des Strompreises für Haushaltungen, der jetzt durchschnittlich 6 cts/kWh beträgt, auf etwa 4 cts verwendet werden, besagt, daß die Licht- und Kraftgesellschaften 1902 insgesamt an Steuern rd. 2,655 Mill $ entrichtet haben, d. s. 3,4 cts je 1 $ der Verbrauchereinnahme (consumer revenue) und 8,7 cts für jeden Dollar der Einnahme des Kapitalanlegers (investor's income). Um 1922 ist die Steuer auf 73,128 Mill $ oder bzw. 8,4 und 18,6 cts angewachsen, und 1929 zahlten die Gesellschaften zusammen 187,5 Mill $ oder bzw. 9,7 und 19,6 cts. Das Verhältnis des Steuerbetrags zu dem Rohertrag aus der Versorgung von Wohnungen mit elektrischer Arbeit hat sich von 4 % in 1912 auf 33 % in 1929 erhöht.

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Einladung

zum Vortrags- und Diskussionsabend für jüngere Fachgenossen am Dienstag, dem 15. September 1931, 7½ Uhr abends, in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, EB, Hörsaal Nr. 301.

Tagesordnung:

1. Vortrag des Herrn Dipl.-Ing. Gerh. Walther über das Thema: „Praktische Gesichtspunkte für die Gestaltung von Hochspannungsnetzen".

Inhaltsangabe:

Die für die Gestaltung eines Hochspannungsnetzes maßgebenden Faktoren werden in bestimmte Abschnitte zergliedert. Als grundlegende Bedingung ergibt sich aus dem für gewisse Stellen geforderten Energiebedarf eine Reihe von Fragen der Wirtschaftlichkeit, durch die in Verbindung mit den Stationsanlagen die Wahl der Netzspannung bzw. mehrerer Netzspannungen sowie der Grundaufbau des Netzes unter Beachtung örtlicher Verhältnisse festgelegt wird. Vielfach müssen bei Bestimmung der Wirtschaftlichkeit gegebene Verhältnisse, d. h. bereits vorhandene elektrische Anlagen mit berücksichtigt werden. Neben diesen Fragen treten die sehr wichtigen Belange der Betriebssicherheit und Reservehaltung als Forderung auf Rücksichtnahme bei Aufbau eines Netzes in Erscheinung. Die Bedeutung von Doppelleitungen und Vermaschungen, die Betriebsführung derartiger Netze sowie die Zusammenfassung großer Zentralen durch Leitungsnetze mit Rücksicht auf die Betriebssicherheit werden behandelt. Diese Fragen greifen auf die Wechselbeziehungen zwischen Netzgestaltung und Netzschutz über.

2. Aussprache.

Zahlreiches Erscheinen der jüngeren Fachgenossen erwünscht.

Elektrotechnischer Verein e. V.
Der Generalsekretär:
Dr. Schmidt.

SITZUNGSKALENDER.

Elektrotechn. Verein Chemnitz. 17. IX. 1931, abds. 7½ h, Staatl. Akademie für Technik, Hörsaal 354: Vortrag Dipl.-Ing. Schäfer, „Fernmessung, Fernsteuerung und Fernmeldung als Betriebsmittel in Überlandzentralen und städtischen Betrieben".

Elektrotechn. Verein Leipzig. 15. IX. 1931, abds. 8 h, Vortragsaal Neues Grassi-Museum, Eingang Rabensteinplatz: 1. Zeitlupenfilm „Lichtbogenüberschläge großer Leistung an Isolatoren". Erläut. durch Obering. Wallich. 2. Leitsätze für Schutzmaßnahmen in Starkstromanlagen.

Deutsche Maschinentechnische Gesellschaft, Berlin. 15. IX. 1931, abds. 7 h, gr. Saal des Ingenieurhauses: Vortrag Dr.-Ing. Kreitner, „Der Voith-Schneider-Schiffsantrieb". (Mit Lichtb. u. Filmen.)

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

Julius Kollert. Herr Regierungsrat Dr. Julius Kollert feierte am 25. VIII. d. J. in voller Rüstigkeit seinen 75. Geburtstag. Er war von 1884 ab an der Staatl. Akademie für Technik als Dozent für Elektrotechnik tätig; im Jahre 1923 trat er infolge Erreichung der Altersgrenze in den Ruhestand. Kollert hat sich um die Ausgestaltung der Laboratorien für Elektrotechnik an der Akademie große Verdienste erworben; er veröffentlichte eine Reihe von anerkannten Lehrbüchern; auch eine große Zahl von Ab-

handlungen, besonders aus dem Gebiete der Meßtechnik, zeugen von einer ersprießlichen Tätigkeit als Lehrer und Forscher. Er ist auch Mitgründer des Elektrotechnischen Vereins Chemnitz.

Jubiläum. — Bei der Brandenburgischen Elektrizitäts-, Gas- und Wasserwerke AG., Berlin, früher Körting's Elektrizitätswerke, beging Herr Ingenieur Thomas Vetter, Berlin, am 5. IX. sein 25jähriges Dienstjubiläum. Herr Vetter war, bevor er in das Berliner Hauptbüro eintrat, lange Jahre Betriebsleiter der Zweigwerke in Bad Niederbronn i. Elsaß und Clausthal i. Harz. Unter seiner Leitung wurden diese Werke wesentlich vergrößert und modernisiert. Herr Vetter hat bei dem Hauptbüro in Berlin den gesamten Einkauf unter sich.

BRIEFE AN DIE SCHRIFTLEITUNG.

(Der Abdruck eingehender Briefe erfolgt nach dem Ermessen der Schriftleitung und ohne deren Verbindlichkeit.)

Wirbelstrombremsen mit Gußeisenläufer.

Als Ergänzung zu dem Aufsatz von KURT REUSS in der ETZ 1931, S. 632, sollen die wichtigsten Daten einer ähnlichen Wirbelstrombremse mit gußeisernem Bremskörper für hohe Drehzahlen mitgeteilt werden, welche 1926 im Elektrotechnischen Institut des Hindenburg-Polytechnikums, Oldenburg i. O., entworfen und von der dortigen Laboratoriumswerkstatt hergestellt wurde.

Für die Berechnung der Abmessungen des Bremskörpers, der Pole, AW-Zahlen usw. wurden die Arbeiten von RÜDENBERG sowie die auch von K. REUSS erwähnte Dissertation von SCHLEICHER benutzt. Besonders die letztere bot sehr wertvolle Anhaltspunkte mit der durch Versuche bestätigten Erkenntnis, daß zur Erzeugung der Bremskräfte keine massiven Eisenläufer nötig sind, sondern daß wegen der geringen Eindringtiefe des Kraftflusses verhältnismäßig geringe Wandstärken für den Bremszylinder genügen.

Es sollte eine mittlere Leistung von 5 kW bei etwa 1200 U/min abgebremst werden. Danach ergaben sich folgende Hauptabmessungen:

Bremskörper aus handelsüblichem Gußeisen (kein Stahlguß!) in Form eines Ringes. Außendurchmesser 400 mm, Wandstärke 15 mm, Ränder verstärkt mit Rücksicht auf den Zusammenbau und die mechanische Festigkeit (vgl. Abb. 1), Breite des Ringes 120 mm. Der Bremsring sitzt fliegend auf einer flußeisernen Scheibe von 8 mm Stärke und ist mit dieser über eine gußeiserne Nabe mit der Welle verbunden, der ganze Läufer dynamisch ausgewuchtet.

Polteilung 11 cm, Polschuhlänge axial 8 cm, Polbreite 4 cm, Breite des Luftspalts rd. 2 mm, im ganzen 4 Pole; Umfangsgeschwindigkeit bei 1500 U/min 31,4 m/s. Amperewindungszahl je Pol 4000 AW; die Magnete können mit 220 oder 440 V Gleichstrom erregt werden. Bei der Konstruktion ist ferner bemerkenswert, daß der Läufer einerseits und der Waagebalken mit den Magnetspulen anderseits zur Vermeidung unnötiger Reibungsverluste und zur Erhöhung der Meßgenauigkeit unabhängig voneinander gelagert sind. Der Läufer kann beiderseits durch einfache Steckkupplungen mit elastischen Zwischenscheiben mit den zu untersuchenden Maschinen gekuppelt werden.

Abb. 1. Grundsätzlicher Aufbau der Bremse. Horizontalschnitt.

Die an der Bremse aufgenommenen charakteristischen Kurven: Bremsleistung $= f$ (U/min) bei konstanten AW/Pol sowie Bremsleistung $= f$ (AW/Pol) bei konstanter Umfangsgeschwindigkeit gleichen den von K. REUSS mitgeteilten Kurvenscharen.

Bei 800 U/min und 4000 AW/Pol ergab sich eine Bremsleistung von 3,5 kW; bei 1200 U/min und gleichen AW/Pol rd. 6,5 kW. Ein Hauptstrommotor von 5 kW ließ sich bei 700 U/min und dem 2½fachen Normalspulenstrom mit seiner Nennleistung abbremsen. Bei Erwärmungsversuchen (Abbremsung eines 3 PS-Motors während 3 h bei 1500 U/min und Vollast) ergab sich eine Temperaturzunahme von 45 ° C; bei Abbremsung des oben erwähnten Hauptschlußmotors mit rd. 4 kW bei 800 U/min stieg die Temperatur der Bremsscheibe um rd. 90 ° C. Für die meisten in Frage kommenden Bremsversuche ist daher künstliche Kühlung des Läufers nicht nötig. Die Reibungsverluste der Scheibe (Lager-, Luftreibung) betragen bei 600 U/min etwa 50 W, bei 1000 U/min etwa 95 W.

Die Genauigkeit bzw. die Empfindlichkeit des in Kugeln gelagerten Waagebalkens ist außerordentlich groß und beträgt, bezogen auf eine Bremsleistung von 2,5 kW rd. 0,5 % (rd. 3 mm Ausschlag am Ende des Waagebalkens für 11,5 W von Leerlauf bis zu einer Leistung von 3 PS). So genau läßt sich kaum die elektrisch eingeführte Leistung der abzubremsenden Maschine mit normalen Meßinstrumenten bestimmen. Den Meßfehler, der durch das Bremsmoment der Luftreibung entsteht, kann man bei Maschinen mit wenig veränderlicher Drehzahl vor Beginn des Versuchs (Leerlauf) durch entsprechende Einstellung der Laufgewichte am Waagebalken kompensieren.

Abb. 2. Wirbelstrombremse mit beiderseits gekuppelten Versuchsmaschinen.

Mit Ausnahme des gußeisernen Bremsrings wurden alle Einzelteile wie Waagebalken, Lagerböcke, Pole, Joche usw. aus handelsüblichem, normalem Profileisen hergestellt. Der gußeiserne Läufer wiegt etwa 40 kg, das Gesamtgewicht der Bremse beträgt rd. 165 kg.

Die Abb. 1 und 2 zeigen die leichte und einfache Bauart bei verhältnismäßig hoher Bremsleistung und großen Drehzahlen.

Die Bremse hat sich im Laboratoriumsbetrieb sehr bewährt und wird auch zu Versuchen an Ilgner-Umformern benutzt.

Berlin-Reinickendorf, 2. VI. 1931.

Dipl.-Ing. W. Pistor.

Erwiderung

Die Ausführungen von Herrn PISTOR ermöglichen es, zwei Wirbelstrombremsen mit annähernd gleicher Leistung und von verschiedener Bauart zu vergleichen. Die von Herrn PISTOR beschriebene Wirbelstrombremse, die der Kürze halber mit W II bezeichnet werden soll, hat kein geschlossenes Polgehäuse, und ihre Bremstrommel hat einen Außendurchmesser, der doppelt so groß wie derjenige der von mir beschriebenen Wirbelstrombremse (W I) ist. Dadurch wird die Erregerwicklung und die Bremstrommel der W II besser gekühlt, als dies bei der W I der Fall ist.

Unangenehm wirkt sich aber der größere Durchmesser der Bremstrommel der W II hinsichtlich der Verluste durch den Luftwiderstand aus, die nicht mit dem Wägesystem gemessen werden können und die bei der W I bedeutend geringer sind. Dies wird durch folgende Zahlen am besten belegt. Man kann dabei annehmen, daß die Reibungsverluste in den Lagern zwischen der W I und der W II wenig verschieden sind.

Die W II hat	bei 600 U/min 50 W bei 1000 U/min 95 W	Verluste durch Luft- und Lagerreibung
Die W I hat	bei 600 U/min 21,5 W bei 1000 U/min 49 W	

(die bremsende Komponente der Reibung des Kühlwassers ist verschwindend klein).

Hinzu kommt noch, daß durch die Art der Lagerung der bewegbaren Teile der W II die Lagerreibung des Läufers nicht auf das Wägesystem übertragen wird wie bei der W I. Bei der W II muß also das Moment der Luft- und Lagerreibung durch ein Zusatzgewicht berücksichtigt werden. Da aber das Moment, das von der Luft- und Lagerreibung herrührt, abhängig von der Drehzahl ist, muß es für jeden Betriebsfall ermittelt und zum Meßwert addiert werden. Bei der W I fällt diese Korrektur der Meßwerte weg. (Die Luftreibung dürfte bei der W I vernachlässigbar sein). Ich möchte dann noch nähere Angaben über die Meßfehler machen, die durch die Reibung des Gehäuses der W I in seinen Lagern entstehen. Die Messung hat gezeigt, daß dieser Meßfehler über 800 U/min und bei beliebigem Belastungsmoment unterhalb der Ablesegenauigkeit liegt. Die Ablesegenauigkeit beträgt ± 0,5 cmkg. Der Meßfehler wäre also bei 2,5 kW und 1000 U/min nur 0,5 W, also 0,02 %. Wenn bei der W II die Meßfehler größer sind, aber innerhalb der normalen Meßgenauigkeit, so dürfte das daher rühren, daß die Vibrationen, die durch die Drehung des Läufers entstehen, die Lagerreibung in den Gehäuselagern der W II weniger verringern, als dies bei der W I zutrifft.

Und nun noch etwas zur Bremsleistung der beiden Wirbelstrombremsen. Die W II hat bei einer Durchflutung von 4000 AW/Pol und 800 U/min eine Leistung von 3,5 kW abgebremst. Die größere Bremsleistung der W I bei denselben Bedingungen (4,65 kW) ist durch die doppelte Polzahl (bessere Ausnutzung des Läufereisens) und den höheren spezifischen Widerstand des Läufermaterials wesentlich verursacht, allerdings auf Kosten einer geringeren Betriebsdauer. Die Betriebsdauer ist abhängig von der Erwärmung der Bremstrommel und der Erregerwicklung, die bei der W I ziemlich hoch ist.

Als Ergänzung meiner Arbeit möchte ich noch einige Gewichte der W I anführen. Das Gesamtgewicht der W I (Gewicht von Grundplatte + Ständer + Läufer) ist 285 kg. Das Gewicht des Läufers ist 27,5 kg. Wenn man bedenkt, daß bei der W II die Grundplatte durch leichtere Profileisenstücke ersetzt ist, und daß die Leistung der W II unter den gleichen Bedingungen geringer ist als die der W I, so ist das Mehrgewicht der W I gerechtfertigt.

Stuttgart, 23. VII. 1931.

Dipl.-Ing. K. Reuß.

LITERATUR.

Besprechungen.

Die Fernsprechanlagen in ihrem wirtschaftlichen Aufbau. Von Ing. F. J. Dommerque m. Geleitwort v. A. Kruckow. Mit 149 Abb., 34 Zahlentaf., VII u. 100 S. in 2°. Verlag R. Oldenbourg, München u. Berlin 1930. Preis geh. 15 RM.

Dieses Erfahrungsbuch eines verdienten Fernsprechingenieurs bringt eine erweiterte und systematisch geordnete Ausgabe zahlreicher Aufsätze, die der Verfasser im Laufe der Jahre für Fachzeitschriften und insbesondere für die Zeitschrift für Fernmeldetechnik unter dem Titel „Wirtschaftliches im Fernsprechwesen" geschrieben hat. Neben allgemeinen Angaben über die Entwicklung des Fernsprechers in den verschiedenen Ländern sind besondere Abschnitte der Systemfrage für Fernsprechämter, dem Bau der Leitungen und deren Kosten, dem Fernverkehr und dem Bezirksverkehr gewidmet. In besonderen Anlagen wird der Träger-Wechselstrombetrieb in Amerika, die Benutzung der Fernsprechleitungen zum Telegraphieren und die Behandlung der Fernsprechkabel und ihre Prüfung mit Gas behandelt.

Neben dem allgemeinen Überblick, den das Buch vermittelt, sind die geschichtlichen Angaben und die Kostenberechnungen besonders wertvoll und können dem in der Praxis stehenden Fernsprechtechniker mancherlei Anregung geben. Kruckow.

Elektronen-Röhren. 3 Bd. (Empfänger). Von Prof. Dr. H. Barkhausen. 3. Aufl. Mit 124 Abb., VI u. 255 S. in 8°. Verlag S. Hirzel, Leipzig 1929. Preis geh. 8 RM, geb. 10 RM.

Während die ersten beiden Bände die Verstärker und die Röhrensender behandeln — sie sind inzwischen in mehreren Auflagen erschienen[1] —, behandelt der dritte Band die Empfänger. Das Buch ist in 3 Hauptabteilungen gegliedert: Dämpfung, Gleichrichter, Empfänger. Die erste Abteilung bringt die Rückkopplungsprobleme auf den Empfänger angewendet, Selbstüberlagerung und Fremdüberlagerung, die Möllersche Schwingliniendarstellung, Pendelrückkopplung sowie den Telephonieempfang und alle damit zusammenhängenden Probleme. Der zweite Abschnitt „Gleichrichter" enthält zunächst alles, was mit der einfachen Gleichrichtung zusammenhängt, dann sehr eingehend den Audionempfang und die Anodengleichrichtung sowie die Gleichrichtung bei Überlagerungsempfang und Telephonieempfang. Der dritte Abschnitt behandelt die Probleme der modernen Empfangstechnik. Er enthält die prinzipiellen Schaltungen, die verschiedenen Empfangsverfahren, die Größenordnungen zur Erzielung bestimmter Lautstärke bei einfachem, verstärktem und Lautsprecherempfang, eine Abschätzung der Empfangsgüte bei den verschiedenen Verfahren.

Vorbildlich ist wieder die Darstellung. Sie wirkt durch ihre Einfachheit und Klarheit, vor allem gerade bei den schwierigen Problemen. Charakteristisch ist hier für Barkhausen die innige Verbindung der Theorie mit dem Experiment in der Art, daß eigentlich nur Tatsachen gebracht werden. Die Übersichtlichkeit wird dadurch wesentlich gesteigert, daß diese Tatsachen hinter jedem Abschnitt kurz zusammengefaßt werden. Außerdem ist fortlaufend jede Einzelbetrachtung in einem oder wenigen Sätzen — durch besonderen Druck gekennzeichnet — zusammengefaßt. Durch diese Zusammenfassungen ist das Buch auch als Nachschlagebuch für den Fachmann sehr zu empfehlen.

Barkhausen bringt auch eine ganze Reihe noch nicht veröffentlichter Abhandlungen, insbesondere über das Audion und die Gleichrichtung. Die Theorien des Audions sind bisher noch nicht in eine so einheitlichen und schönen Form dargestellt worden. A. Meißner.

„Hütte", des Ingenieurs Taschenbuch. Herausg. v. Akademischen Verein Hütte e. V., Berlin. 26. neubearb. Aufl., Bd. 1. Mit 970 Textabb., Daumenreg., XX u. 1199 S. in kl. 8°. Verlag Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin 1931. Preis i. Leinen geb. 17,50 RM, i. Leder geb. 20,50 RM.

Die großen Fortschritte der technisch-wissenschaftlichen Forschung der letzten Jahre machten eine Neuauflage der „Hütte" erforderlich. Abgesehen von einer sorgfältigen Überarbeitung wurde eine Reihe von Gebieten neu aufgenommen. Die Stoffanordnung ist im wesentlichen unverändert geblieben. Der vorliegende 1. Band befaßt sich wie bisher mit den Hilfswissenschaften der Technik. Die mathematischen Tafeln wurden stark erweitert. Im Abschnitt Dynamik ist die thermodynamische Ähnlichkeit neu aufgenommen. Interessant ist die Zusammenstellung der Begriffe der mechnischen und elektrischen Schwingungen im Abschnitt technische Physik, in den auch ein Kapitel über die Messung der Intensität des Schalls eingefügt wurde. Völlig umgestaltet wurde die „Stoffkunde", zumal da die Fortschritte der Normung auf diesem Gebiet berücksichtigt werden mußten. Zum erstenmal erscheinen Ausführungen über Spritz- und Kokillenguß. Die wichtigen Arbeiten auf dem Gebiet des Oberflächenschutzes finden ebenfalls in einem neuaufgenommenen Kapitel Berücksichtigung. Neu ist auch das Kapitel Textilstoffe. Bleche, Profile, Drähte, Röhren usw. sind in einem neuen Schlußabschnitt „Genormte Handelserzeugnisse" enthalten. Endlich hat der Anhang, der auch Vergleichs- und Umwandlungstafeln von ausländischen Maßen und Gewichten bringt, eine starke Erweiterung erfahren, was für den deutschen Ingenieur, der in Zukunft noch mehr mit ausländischen Verhältnissen wird rechnen müssen, besonders wichtig ist.

Als ein kleiner Mangel muß angesehen werden, daß die Zeiteinheit abweichend von den AEF-Vorschriften immer noch mit sk anstatt mit s bezeichnet wird. Im Abschnitt Meßkunde vermißt man unter den Leistungsbremsen die Wirbelstrombremse. Auch hätte bei Beschreibung der Ölreinigung darauf hingewiesen werden können, daß bei der Reinigung von Transformatorenöl nicht nur Filter und Zentrifugen sondern auch die Verwendung des Vakuums eine Rolle spielen. Es handelt sich hierbei jedoch lediglich um kleine Verbesserungsvorschläge. Der Wert des Buches bleibt davon unberührt; denn das ursprüngliche Ziel der „Hütte", das gesamte technische Wissen zu umfassen, kann auch in der neuen Auflage als erreicht angesehen werden. Daß mit Rücksicht auf den Raum manche weniger im Vordergrund stehenden Gebiete dem Umfange nach zurücktreten mußten, ist selbstverständlich. Auch die neue Auflage wird der hohen Aufgabe gerecht, an der der Herausgeber nun 75 Jahre lang gearbeitet hat: Förderung der technischen Wissenschaften und der praktischen Arbeit des Ingenieurs. W. Kraska.

[1] Von Bd. 1 „Allgemeine Grundlagen" ist soeben die 4. Auflage herausgekommen.

Partielle Differentialgleichungen der mathematischen Physik (Deutsche Bearb. d. Werkes: A. G. Webster, Partial differential equations of mathematical physics). Von Prof. Dr. G. Szegö. (Teubners math. Lehrbücher Bd. 43.) Mit 98 Fig. i. Text, VII u. 528 S. in 8⁰. Verlag B. G. Teubner, Leipzig und Berlin 1930. Preis geb. 28 RM.

Nach Aufstellung der partiellen Differentialgleichungen der mathematischen Physik im ersten Kapitel werden im zweiten Kapitel die Gleichungen erster, im dritten und sechsten die Gleichungen zweiter Ordnung behandelt, u. zw. im sechsten nach der Riemann-Volterraschen Integrationsmethode. Das vierte Kapitel bringt die Theorie der Fourierschen Reihen und Integrale nebst der Cauchyschen Integrationsmethode, das fünfte die Potentialtheorie mit Randwertaufgaben, das siebente und achte spezielle Funktionen und ihre Anwendungen, wie die Kugelfunktionen, die Funktionen von Bessel und Lamé. Das neunte Kapitel enthält einen kurzen Abriß der Integralgleichungen. Im ersten Kapitel begegnet man noch einer Einführung in die Vektoranalysis und im Anhang verschiedenen Begriffen und Sätzen aus der Infinitesimalrechnung einschließlich der linearen Differentialgleichungen im reellen und komplexen Gebiet. Besonders berücksichtigt wird das methodische Moment, während auf Vollständigkeit des Materials weniger Wert gelegt wird. Die deutsche Ausgabe bedeutet eine erhebliche Änderung des englischen Textes und strebt vor allem mathematische Strenge an. Klare und verständliche Darstellung, anschauliche Methoden, zahlreiche Anwendungen findet man in dem Buche, das für Physiker und Ingenieure sehr wohl geeignet ist

W. Fender.

Stahl im Hochbau. Taschenbuch f. Entwurf, Berechnung u. Ausführung von Stahlbauten. Herausg. v. Verein deutscher Eisenhüttenleute, Düsseldorf, m. Unterstützung v. Stahlwerks-Verband AG, Düsseldorf, und Deutschen Stahlbau-Verband, Berlin. 8.. nach d. neuesten Festlegungen bearb. Aufl. Okt. 1930. Mit XXIV u. 761 S. in 8⁰. Verlag Stahleisen m. b. H., Düsseldorf, und Julius Springer, Berlin. Preis geb. 12 RM.

Daß die 7. Auflage aus dem Jahre 1928 nebst Nachdrucken schnell vergriffen war, beweist, daß das Werk den Bedürfnissen des Stahlbaus in hohem Maße gerecht geworden ist. Sie ist in der ETZ 1928, S. 1171, eingehend besprochen worden. Es erübrigt sich, im einzelnen auf das Wesen des Werkes deshalb hier nochmals einzugehen. Alle inzwischen erschienenen amtlichen Bestimmungen und Normen sind hinzugefügt, so daß es nach dieser Hinsicht wohl das vollständigste derartige Werk ist. Soweit zu übersehen ist, erscheint der Stoff dem heutigen Stande des Stahlbaus entsprechend nach allen Richtungen hin vollständig und übersichtlich gegliedert vorgeführt, so daß das Neuerscheinen des in Fachkreisen unentbehrlich gewordenen Hilfsbuchs mit besonderer Freude begrüßt werden muß.

Es ist ein unvergleichliches Nachschlagebuch mit erschöpfendem Inhalt, das dem Stahlbau und dessen sachgemäßer Ausbreitung die besten Dienste leistet und in keinem Konstruktionsbüro fehlen darf.

Karl Bernhard, Berlin.

50 Jahre Lorenz. 1880—1930. Festschrift der C. Lorenz Aktiengesellschaft, Berlin-Tempelhof. 526 S. m. zahlr. Abb., Tiefdruckbeilagen u. Vierfarbendrucken in 4⁰. Im Selbstverlag.

Im Jahre 1880 eröffnete Carl Lorenz in Berlin eine Telegraphenbau-Anstalt, aus der die heutige C. Lorenz AG. hervorgegangen ist. Die Firma konnte also 1930 die Feier 50jährigen Bestehens begehen und hat bei dieser Gelegenheit ein Buch herausgegeben, das schon rein äußerlich dem Geschmack der Herausgeber Ehre macht und dessen Inhalt über seine geschichtliche Bedeutung hinaus Wert besitzt.

Die Eröffnung bilden Geleitworte und Glückwünsche von führenden Persönlichkeiten des Abnehmerkreises der Firma: Post, Bahn, Heer, Marine usw. Es folgt die Geschichte des Werkes bis zu seiner Entwicklung in neuester Zeit. Den dann folgenden größten Teil des Buches nehmen Einzelabhandlungen über alle Gebiete der Fabrikation ein, die großenteils über die Beschreibung eines bestimmten Fabrikats hinausgehen und Allgemeingeltung besitzen. Zum Schluß werden Organisationsfragen behandelt. Es fällt erfreulich auf und ist ein gutes Zeichen für den Geist der Firma, daß überall die Einzelmitarbeiter gebührend berücksichtigt wurden. H. Dieterlein.

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Aus der Geschäftswelt. — Die Sachsenwerk, Licht- und Kraft-AG., Niedersedlitz, verzeichnet für 1930 einen Rückgang des Umsatzes um 38 %, u. zw. größtenteils in dem von ihr besonders gepflegten Geschäft mit den öffentlichen Elektrizitätswerken. Hinsichtlich der Fusion mit der Pöge Elektricitäts-AG. bemerkt der Vorstand, daß die eigenen unbefriedigenden Geschäftsergebnisse und die katastrophale Wirtschaftslage es kaum ermöglichen würden, die Chemnitzer Fabrik weiter zu beschäftigen (s. unten). Die Verbindung mit der AEG habe sich dagegen im Berichtsjahr günstig ausgewirkt. Vom Sachsenwerk wurden neue Kleinmotoren und neue Normaltransformatoren herausgebracht. Die Entwicklung der Regelschaltwerke für Transformatoren ist zu erfolgreichem Abschluß gekommen. Das Hochspannungsmaterial hat die Gesellschaft durch neue Typen für 10 bis 45 kV vervollständigt, so daß sie nunmehr, wie es im Bericht heißt, zu großer Vollkommenheit ausgereifte Ausführungen bis zu 220 kV besitzt. Von der Radioabteilung sind vollständig neue Konstruktionen entwickelt worden. Rohüberschuß: 4 875 557 RM (8 572 836 i. V.), vorzutragender Verlust: 1 658 436 RM (i. V. Reingewinn: 1 247 665 RM, 7,5 % Dividende auf 11 Mill RM Stammaktienkapital). Auf Grund der von der AEG übernommenen Verzinsungsgarantie entfallen auf das Stammaktienkapital — es beträgt jetzt 17 Mill RM — für 1930 7 % Dividende. In der G.V. teilte die Verwaltung mit, daß das Pöge-Werk in Chemnitz bis zur Wiederkehr besserer Zeiten stillgelegt, die Erzeugung in Niedersedlitz und Radeberg aber unbedingt weitergeführt werden sollen. — Infolge geringerer Aufträge der Reichsbehörden im Fernsprechgeschäft und des erbitterten Konkurrenzkampfes im Privatgeschäft konnte die C. Lorenz AG., Berlin-Tempelhof, 1930 den Umsatz des Vorjahres nicht wieder erzielen. Einen teilweisen Ausgleich ergab die drahtlose Telegraphie, bei der nennenswerte technische Fortschritte zur Lieferung eines der ersten beiden 75 kW-Großsender Deutschlands führten und die Bestellung des ersten deutschen 150 kW-Senders brachten. Unter Einrechnung der Ergebnisse der Tochtergesellschaften ließ sich ein Gewinn nicht erzielen, weil der allgemeine Preisabbau, besonders bei Rundfunkgeräten und im Privatgeschäft, die Erlöse empfindlich schmälerte. Erschwerend trat hinzu, daß die Gesellschaft infolge der Entscheidung des Schiedsgerichts am Beginn des Berichtsjahres ihre Vertragsbeziehungen zu Philips, Eindhoven, lösen mußte. Das sich gut entwickelnde Gebiet der Fernschreiber (Morkrum-Kleinschmidt) berechtigt zu günstigen Aussichten. Gewinn aus Fabrikation usw. abzüglich aller Unkosten: 476 212 RM (1 073 426 i. V.), Reingewinn: 2413 RM (585 856 i. V.), Dividende: 0 % bei unverändert 9,5 Mill RM Aktienkapital (6 % i. V.).

Deutschlands elektrotechnischer Außenhandel[1]. — Innerhalb des Tarifunterabschnitts 18 B haben sich im Juli 1931 die Mengen und Werte wie folgt verteilt:

Waren	Mengen dz		Werte 1000 RM	
	Juli	Jan./Juli	Juli	Jan./Juli
Einfuhr:				
Elektrische Maschinen (einschl. Teile)	2 384	13 516	731	4 351
Elektrot. Erzeugnisse	2 552	17 428	2 466	17 202
Ausfuhr:				
Elektrische Maschinen (einschl. Teile)	29 773	175 106	8 263	49 841
Elektrot. Erzeugnisse	126 194	643 160	35 766	223 791

Die Einfuhr ist gegen den Vormonat (4666 dz bzw. 2,892 Mill RM) um 270 dz (6 %) und 0,305 Mill RM (10,5 %) gestiegen, gegenüber dem Parallelmonat des Vorjahres (5546 dz bzw. 3,183 Mill RM) mengenmäßig aber um 610 dz (11 %) zurückgegangen, während der Wert auch hier eine geringe Erhöhung um 14 000 RM aufweist. Für die Ausfuhr, die 7836 dz Reparationssachlieferungen im Betrag von 1,686 Mill RM umfaßte, ergaben sich durchweg Zunahmen, u. zw. gegen den Juni (111 365 dz bzw. 35,150 Mill RM) um 44 602 dz (40 %) bzw. 8,879 Mill RM (25 %) und im Vergleich zum Juli 1930 (118 326 dz bzw. 43,124 Mill RM) um 37 641 dz (32 %) bzw. 0,905 Mill RM (2 %). Während der abgelaufenen sieben Monate hat sich die Einfuhr gegen die gleiche Zeit des Vorjahres um 9548 dz (23,6 %) und 2,670 Mill RM (11 %) vermindert. Vom Ausland bezogen wurden in dieser Periode 3850 Lichtmaschinen (3622 i. V.), 41 739 Dynamos, Elektromotoren usw. (57 654

[1] Vgl. ETZ 1930, S. 1347; 1931, S. 1075.

Stat. Nr.	Erzeugnisse	Einfuhr in dz Juli 1931	Einfuhr in dz Januar/Juli 1931	Einfuhr in dz Januar/Juli 1930	Ausfuhr in dz Juli 1931	Ausfuhr in dz Januar/Juli 1931	Ausfuhr in dz Januar/Juli 1930
907 a	Lichtmaschinen und Lichtzündmaschinen für Motorfahrzeuge; Anlaßmotoren für Verbrennungsmotoren	73	321	332	793*	3 858*	4 620*
907 b/g	Dynamomaschinen, Elektromotoren, Umformer[1]; Transformatoren und Drosselspulen	2 275	12 736	17 685	26 521*	156 867*	214 460*
907 h	Fertig gearbeitete Anker, Kollektoren[2]	36	459	994	2 459*	14 381*	14 203*
908 a, b	Elektrizitätsammler, deren Ersatzplatten (Elektroden)	84	1 253	1 704	5 779	34 006*	27 968*
909	Kabel zur Leitung elektrischer Ströme, zur Verlegung in Wasser oder Erde geeignet	786	3 132	4 666	73 371*	301 994*	299 850*
910 a/c	Bogenlampen, Quecksilberdampf-, Quarz- und ähnliche Lampen; Gehäuse dafür mit Glasglocken; Scheinwerfer, Reflektoren[3]	7	103	144	127*	1 386*	1 714*
911 a	Metallfadenlampen	193	1 434	1 453	729*	4 810*	6 620*
911 b	Kohlenfaden-, Nernst- und andere Glühlampen	1	49	65	37	137	178
912 A1	Telegraphenwerke; Bestandteile davon	18	72	80	40	431	237*
912 A2	Fernsprecher, Fernsprech-, Wand- und Tischstationen, Fernsprechvermittlungseinrichtungen; Bestandteile davon	49	290	216	2 233*	11 942*	13 680*
912 A3	Vorrichtungen für die drahtlose Telegraphie und Telephonie; Bestandteile davon	446	3 376	2 870	4 917*	40 713*	32 664*
912 A4	Meß-, Zähl- und Registriervorrichtungen, auch in Verbindung mit Uhrwerken; Bestandteile davon	123	881	1 137	2 421*	14 658*	17 941*
912 B	Bügeleisen; in der Ausfuhr auch Bestandteile davon	—	46	28	685	4 451	4 946
912 C	Heiz-, Koch- und sonstige Wärmeapparate (ausgenommen 912 B); in der Ausfuhr auch Bestandteile davon	68	573	1 208	1 646*	9 769*	8 985*
912 D	Röntgenröhren; in der Ausfuhr auch Bestandteile davon	4	27	20	28	190*	166*
912 E	Magnetzündapparate und sonstige elektrische Zündsysteme sowie Teile davon (ausgenommen Magnete); elektrotechnisches Zubehör für Motorfahrzeuge	184	951	1 274	1 715*	10 819*	14 789*
912 F1	Sicherungs- und Signalapparate; Läutewerke; Bestandteile davon	12	98	96	1 033	6 651*	7 135*
912 F2	Vorrichtungen für Beleuchtung, Kraftübertragung, Elektrolyse; Vorschalte- und Nebenschlußwiderstände; sonst. a. n. g. Vorrichtungen; Bestandteile davon[4]	509	4 609	5 505	24 131*	151 026*	183 326*
912 F3	Vorrichtungen für ärztliche oder zahnärztliche Zwecke; Bestandteile davon (ausgenommen 912 D)	57	403	412	1 352	8 581*	9 384*
912 F4	Galvanische (auch Trocken-)Elemente, elektr. und galvanische Batterien; Thermoelemente; Bestandteile davon	6	109	170	3 269	24 703*	34 176*
912 F5	Isolationsrollen, -glocken, -knöpfe, Spulen, Taster, Schalter usw. aus Steingut, Porzellan oder Glas (ausgenommen 733 a)	3	18	427	[6]	[6]	[6]
912 F6	Isolationsgegenstände aus Asbest, Asbestpappe, Glimmer oder Mikanit für die Elektrotechnik (Schutzkasten usw.)	2	4	6	30	223	396
912 F7	Isolierröhren für elektr. Leitungen aus Papier oder Pappe und Verbindungsstücke dafür[5]	.	.	.	2 649*	16 655*	19 755*
—	Elektrotechnische Erzeugnisse, unvollständig angemeldet	—	—	—	2	15	5
	Summe von Tarifunterabschnitt 18B: Menge in dz	4 936	30 944	40 492	155 967*	818 266*	917 198*
	Summe von Tarifunterabschnitt 18B: Wert in 1000 RM	*3 197*	*21 553*	*24 223*	*44 029**	*273 632**	*323 986**
648 a	Vorgepreßte Blöcke, Platten und Stangen aus Kohle für elektrotechnische Zwecke	10	116	191	1 543	11 077	7 344
648 b	Kohlenbürsten, Mikrophonkohlen usw.; Kohlenfäden für elektr. Beleuchtungskörper oder dgl., auch in Verbindung mit Platin	2	25	35	73	452	551*
648 c	Brennstifte für Bogenlampen	—	56	477	631	4 621	4 846
648 d	Elektroden	652	1 717	2 215	14 975	107 086	144 958
733 a	Porzellanisolatoren für Telegraphen- oder Fernsprechleitungen[7]	—	6	2	6 311*	32 736*	42 623*
740 a	Glühlampenkolben	1	58	172	668	8 124	9 189
783 c	Bearbeitete Teile von elektrischen Maschinen der Nrn. 907 a/g und von Erzeugnissen der Nrn. 907 h/911 b aus nicht schmiedbarem Gußeisen	—	106	720	[9]	[9]	[9]
799 c	dsgl. aus schmiedbarem Eisen	97	439	861			
890 a	Isolierter Draht aus unedlen Metallen für die Elektrotechnik	397	1 924	1 492	9 160*	77 652*	85 181*
915 b4	Elektrokarren[8]	.	.	.	592	1 688*	3 051*

i. V.), 6322 Bogen- usw. Lampen (5788 i. V.), 3,114 Mill Metalldrahtlampen (3,221 i. V.) und 0,104 Mill Kohlefaden- usw. Lampen (0,123 i. V.). Die Ausfuhr ist ebenfalls gesunken, u. zw. um 98 932 dz (11 %) und 50,354 Mill RM (15,5 %). Als Reparationssachlieferungen nennt die Statistik 36 217 dz im Wert von 12,156 Mill RM. Ausgeführt hat Deutschland in den Monaten Januar/Juli 46 949 Lichtmaschinen (51 327 i. V.), 389 992 Dynamos, Elektromotoren usw. (423 295 i. V.), 107 362 Bogen- usw. Lampen (17 336 i. V.), 31,376 Mill Metalldrahtlampen (38,694 i. V.) und 0,359 Mill Kohlefaden- usw. Lampen (0,596 i. V.). Der **Überschuß des Exports** stellte sich auf 787 322 dz bzw. 252,079 Mill RM (876 706 dz. bzw. 299,763 Mill RM i. V.).

[1] Quecksilberumformer s. Nr. 912 F 2. — [2] Die Ausfuhr umfaßt auch andere Teile von nicht vollständigen elektrischen Maschinen usw. — [3] Die Ausfuhr umfaßt auch Teile von Bogenlampen außer Brennstiften (648 c). — [4] Die Ausfuhr umfaßt auch Isolationsgegenstände aus Ambroid, Hartkautschuk usw. der Nr. 912 F 5 außer Isolationsglocken (733 a). — [5] Einfuhr nach Beschaffenheit. — [6] Isolationsglocken unter 733 a, andere Waren, auch aus Ambroid, Hartkautschuk usw., unter 912 F 2. — [7] Die Ausfuhr umfaßt Isolatoren aller Art (auch Isolationsglocken) aus Steingut oder Porzellan. — [8] Einfuhr unter 915 b (Last-, Liefermotorwagen). — [9] Für die Ausfuhr gelten die im Unterabschnitt 18 B bei den Maschinen angegebenen stat. Nrn.

* Einschließlich der Reparationssachlieferungen.

Abschluß des Heftes: 5. September 1931.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 16 250 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin. Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

ETZ
ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

Inhalt von Heft 38 der ETZ

Inhalt des neuesten Heftes des **Archiv** f. Elektrotechnik

38. HEFT · 52. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9
(1185—1212) 17. SEPTEMBER 1931

Elektrotechnische Zeitschrift
(Zentralblatt für Elektrotechnik)
Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894
Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9
52. Jahrgang | Berlin, 17. September 1931 | Heft 38

Versuche über Maschinenregelung und Parallelbetrieb in den Großkraftwerken Hirschfelde und Böhlen*.

II. Anordnung und Art der Durchführung der Versuche.

Von K. Kühn, Dresden.

Die Versuche, die sich aus Untersuchungen an einzelnen Maschinen und Versuchen mit Maschinengruppen zusammensetzen, wurden in den Großkraftwerken Hirschfelde (Werk II) und Böhlen durchgeführt. Die Untersuchungen an den einzelnen Maschinen sollten hierbei in solchem Umfang durchgeführt werden, daß die Eigenschaften aller Maschinen genau bekannt wurden. In dem Großkraftwerk Hirschfelde (Werk II) sind insgesamt 5 Maschinensätze aufgestellt, deren Daten Zahlentafel 1 enthält. Die Versuche fanden mit den Maschinen 1, 2 und 4 im Mai und Juni 1929 und mit der Maschine 5, die Ende des Jahres 1929 erst fertiggestellt wurde, im Januar/Februar 1930 statt. Auf die Untersuchungen an der Maschine 3 konnte verzichtet werden, da dies die gleiche Type wie Maschine 2 ist. Die Versuche in Böhlen wurden im September 1929 durchgeführt. Die Daten der Maschinen dieses Kraftwerkes sind in der Zahlentafel 2 zusammengestellt. Untersucht werden hier die Maschinen 4 ... 8. Die Maschine 9 war damals noch nicht betriebsfertig. Die weiteren in Böhlen vorhandenen 3 Maschinen wurden als Gegendruckturbinen bei den Untersuchungen nicht berücksichtigt, da für sie andere Verhältnisse maßgebend sind.

Das zwischen diesen Großkraftwerken liegende 100 kV-Netz der AG. Sächsische Werke kann als bekannt vorausgesetzt werden, da es des öfteren in der technischen Fachliteratur eingehend behandelt worden ist[1].

Umfang der Versuche.

Durch die Versuche sollte im einzelnen das Folgende nachgeprüft werden:

1. Die Erhöhung der Umdrehungszahl bei Entlastungen und hierbei gleichzeitig auch die Arbeitszeit der Regler, Ventile und Schnellschlüsse, um gegebenenfalls sofort erkennen zu können, wo Änderungen vorzunehmen sind, wenn sich solche auf Grund der Meßergebnisse als erforderlich erweisen sollten;
2. die Charakteristik der Fliehkraftregler;
3. die statischen Drehzahlkennlinien der Maschinen;
4. die synchronisierenden Kräfte;
5. die Dämpfungs- und Eigenschwingungszahl bei Entlastung;
6. die Schnelligkeit des Spannungsanstieges bei Handregelung und Regelung durch Schnellregler sowie bei anderen besonderen Einrichtungen; weiter die Zeitkonstanten im Leerlauf und Kurzschluß;
7. der Einfluß von Belastungs- und Entlastungstößen auf die Stabilität im Parallelbetrieb;
8. der Einfluß unterschiedlicher Einstellung der Leistungsregler auf die Stabilität parallel arbeitender Maschinen;
9. der Einfluß von 3- und 2poligen Kurzschlüssen auf die Stabilität und die Größe der wirksamen Reaktanz;
10. das Fangen von vorher unerregt zusammengeschalteten Maschinen beim Hochregeln der Spannung.

Zu messende Größen.

Für die Untersuchungen waren neben Strom, Spannung, Erregerstrom und Erregerspannung weiter die Änderungen

a) der Leistungen, bei 2poligen Kurzschlüssen die der rechts- und linksläufigen Leistungen,
b) der Polradverdrehungen,

* Teil I „Überblick über Veranlassung, Zweck und Ergebnisse der Versuche" siehe ETZ 1931, S. 791.
[1] ETZ 1923, S. 836 u. 1003; 1924, S. 21 u. 53.

Zahlentafel 1. Hirschfelde.

Maschine Nr.		1	2	3	—	4	5
Drehzahl	U/min	1500	1500	1500	—	3000	1500
Turbine:							
Leistung normal	MW	20,0	20,0	20,0	—	22,0	40,0
„ maximal	MW	25,0	25,0	25,0	—	27,5	50,0
Generator:							
Leistung	MVA	25,0	25,0	25,0	—	30,6	50,0
$\cos\varphi$		0,8	0,8	0,8	—	0,8	0,8
Spannung	kV	6,3	6,3	6,3	—	6,3	6,3
Streuspannung	%	12,0	14,3	14,0	—	17,1	12,7
Synchronreaktanz	Ω	1,83	1,99	2,12	—	2,13	1,2
Kurzschlußverhältnis:							
Leerlauf k_0		0,87	0,80	0,75	—	0,61	0,66
Vollast k		1,88	1,99	1,79	—	1,52	1,76
Sättigungsfaktor		0,44	0,60	0,41	—	0,24	0,54
Charakteristik		Abb. 1	Abb. 2	Abb. 3	—	Abb. 4	Abb. 5
Luftspalt	mm	—	—	26	—	44	—
Strombelag	A/cm	—	528	510	—	592	497
Spannungsregelung		eigenerregt	eigenerregt	eigenerregt	—	eigenerregt	eigenerregt
Trägheitsmoment:							
Turbine	$mkg \cdot s^2$	650	1220	1220	—	185	4440
Generator	„	385	906	666	—	181	1740
Gesamt	$mkg \cdot s^2$	1035	2126	1886	—	366	6180
ges. kinetische Energie $L_m = \frac{1}{2}\,\theta\,\omega_m^2$	mkg	$12{,}8 \cdot 10^6$	$26{,}2 \cdot 10^6$	$23{,}3 \cdot 10^6$	—	$18{,}0 \cdot 10^6$	$76{,}3 \cdot 10^6$
Umspanner:					Reserve		
Leistung	MVA	25,0	25,0	25,0	25,0	32,0	32,0 32,0
Übersetzungsverhältnis	kV/kV	112/6,3	112/6,3	112/6,3	110/6,3	115/6,3	115/6,3 115/6,3
Kurzschlußspannung	%	8,59	8,84	9.15	5,69	12,95	12,85 13,0

c) der Umdrehungszahlen,
d) der Stellungen der Reglermuffen, Regelventile, Schnellschlußventile und die Änderungen des Dampfdruckes in Abhängigkeit von der Zeit

aufzunehmen. Da es sich hierbei um Veränderungen handelte, die sich in kurzer Zeit vollziehen, und um weiter auch eine gute Vergleichsmöglichkeit zu haben, wurde die Versuchsanordnung so getroffen, daß alle zu messenden Größen oszillographisch aufgenommen werden konnten. Um dies zu ermöglichen, waren besondere Einrichtungen erforderlich. Die gesamte Versuchsanordnung zeigt Abb. 11.

Beschreibung der besonderen Meßeinrichtungen.

Leistungsoszillograph[2]. — Die oszillographische Leistungsmessung erfolgte bei den Versuchen durch besondere von den Siemenswerken entwickelte und einige Zeit vorher zu brauchbaren Einrichtungen ausgearbeitete Leistungsschleifen. Die Schleifen unterscheiden sich von den für die Aufnahme von Strom und Spannung gebräuchlichen dadurch, daß das magnetische Richtfeld

[2] Striegel, VDE-Fachberichte 1927, S. 116.

Abb. 1

Abb. 2

Abb. 3

Abb. 4

Abb. 5

Abb. 1 ... 5. Leerlauf- und Kurzschlußkennlinien der untersuchten Maschinen in Hirschfelde.

Abb. 6

Abb. 7

Abb. 8

Abb. 9

Abb. 10

Abb. 6 ... 10. Leerlauf- und Kurzschlußkennlinien der untersuchten Maschinen in Böhlen.

Zahlentafel 2. Böhlen.

Maschine Nr.		1, 2, 3	4	5	6	7	8	9
Drehzahl	U/min		3000	3000	3000	3000	1500	1500
Turbine:								
Leistung normal	MW	Gegendruck-turbinen	22,0	22,0	20,7	22,0	40,0	40,0
„ maximal	MW		27,5	25,0	23,7	25,0	48,0	48,0
Generator:								
Leistung	MVA		32,0	27,5	29,6	27,5	50,0	50,0
cos φ			0,8	0,8	0,7	0,8	0,7	0,7
Spannung	kV		6,3	6,6	6,3	6,6	6,3	6,3
Streuspannung	%		17,6	13	16,1	13	13,8	13,8
Synchronreaktanz	Ω		2,26	3,38	2,36	3,30	1,03	1,03
Kurzschlußverhältnis:								
Leerlauf k_0			0,55	0,47	0,57	0,48	0,77	0,77
Vollast k			1,51	1,43	1,55	1,36	1,80	1,80
Sättigungsfaktor			0,21	0,50	0,22	0,46	0,25	0,25
Charakteristik			Abb. 6	Abb. 7	Abb. 8	Abb. 9	Abb. 10	Abb. 10
Luftspalt	mm		40,5	26,9	40,7	27,0	35	35
Strombelag	A/cm		—	480	567	480	—	—
Spannungsregelung			eigenerregt	eigenerregt	eigenerregt	eigenerregt	eigenerregt	eigenerregt
Trägheitsmoment:								
Turbine	mkg·s²		140	200	135	200	1637	2240
Generator	„		181	168	181	168	1836	1836
gesamt	mkg·s²		321	368	316	368	3473	4076
ges. kinetische Energie	mkg		$15{,}8 \cdot 10^6$	$18{,}1 \cdot 10^6$	$15{,}6 \cdot 10^6$	$18{,}1 \cdot 10^6$	$42{,}9 \cdot 10^6$	$50{,}4 \cdot 10^6$
Umspanner:								
Leistung	MVA		32,0	32,0	32,0	32,0	50,0	50,0
Übersetzungsverhältnis	kV/kV		115/6,3	115/6,3	115/6,3	115/6,3	115/6,3	115/6,3
Kurzschlußspannung	%		11,7	12,55	11,7	12,6	11,6	11,65

M Muffe
V Ventile
RV_1 Regelventil 1
RV_2 Regelventil 2
DV Düsenventil
Sch_1 Schnellschlußventil 1
Sch_2 Schnellschlußventil 2
Spg Spannung
HM Drehstrom-Hilfsmaschine
= *HM* Gleichstrom-Hilfsmaschine
DD Dampfdruckmesser

Abb. 11. Gesamte Versuchsanordnung.

nicht durch einen Gleichstrom-Elektromagneten erzeugt wird, sondern durch eine besondere, die Schleife umgebende Spule, die vom Strom durchflossen wird. Es stand ein Oszillograph mit 3 Leistungsschleifen zur Verfügung. Gemessen wurde bei den Versuchen die Leistung einer Phase. Es wurden den Schleifen der Phasenstrom und die Phasenspannung zugeführt, die an einem Spannungswandler abgegriffen wurde, der besonders zwischen Generatorklemme und Generatornullpunkt angelegt wurde. Da es sich bei den Versuchen, bei denen auf die Leistungsmessung besonderer Wert zu legen war, um gleiche Belastungen in den einzelnen Phasen handelte, genügte es, in dieser Weise die Leistung einer Phase zu messen und daraus die Gesamtleistung als den dreifachen Wert zu bestimmen. Das von der Leistungschleife bei Messung der Leistung bei verschiedenem $\cos\varphi$ erzeugte Oszillogramm zeigt Abb. 12, das auch

Leistung $= L \mathrel{\hat{=}} x$; Wirkleistung $= L_w \mathrel{\hat{=}} a$; $a = x$

Leistung $= L \mathrel{\hat{=}} x$; Blindleistung $= L_b = 2b$; $2b = x$

Leistung $= L \mathrel{\hat{=}} x$; Wirkleistung $= L_w \mathrel{\hat{=}} a = x - 2y$; Blindleistung $= L_b \mathrel{\hat{=}} b$; $b = \sqrt{x^2 - a^2} = 2\sqrt{xy - y^2}$; $\cos\varphi = \frac{a}{x} = \frac{x-2y}{x}$

Abb. 12. Spannungs-, Strom- und Leistungs-Oszillogramm.

Aufschluß über das Bestimmen der Art und Größe einer oszillographisch gemessenen Leistung gibt. Die Eichung des Ausschlages der Schleife geschah in der Weise, daß vor dem Versuch nach Präzisionsinstrumenten eine bestimmte Leistung möglichst bei $\cos\varphi = 1$ eingestellt und dann ein kurzes Oszillogramm aufgenommen wurde.

Messung der rechts- und linksläufigen Leistung.

Um den unterschiedlichen Einfluß der 3- und 2poligen Kurzschlüsse auf die Stabilität parallel arbeitender Maschinen genau erkennen zu können, wurde bei den 2poligen

Abb. 13. Drehfeldscheider-Schaltung.

Kurzschlüssen die rechts- und linksläufige Leistung unter Zuhilfenahme eines Drehfeldscheiders[3] gemessen. Die verwendete Drehfeldscheider-Schaltung zur gleichzeitigen Aufnahme der rechts- und linksläufigen Leistung mit den Leistungschleifen zeigt die Abb. 13.

[3] Evans, El. World Bd. 81, S. 333 (1923). — A. Dovjikov, The Electric Journ. Bd. 26, S. 173 (1929).

Messung der Polradverdrehung.

Für die Messung der Polradverdrehungen wurden mit der Welle der zu untersuchenden Maschinen kleine Hilfsmaschinen gekuppelt, wobei man von dem Gesichtspunkt ausging, die Phasenverschiebung zwischen der Spannung des großen Generators und der Spannung des kleinen Hilfsgenerators, der ebenfalls als Drehstrom-Synchrongenerator gedacht war, zu vergleichen. Die Einstellung der Hilfsmaschine wurde so gewählt, daß für Leerlauf die zu vergleichenden Spannungen keine Phasenverschiebung besaßen. Die Hilfsmaschine wurde zunächst ganz beliebig mit der großen Welle gekuppelt. Nach Anfahren und Erregung des Generators wurden darauf die Generatorspannung und die Spannung vom Hilfsgenerator mit großem Zeitmaßstab (Aufnahme mit Trommel) oszillographisch aufgenommen. Die Verschiebung zwischen den beiden Spannungen wurde daraus nach Graden errechnet und darauf eine entsprechende Verdrehung der Welle des Hilfsgenerators zur Hauptwelle nach Stillsetzung der Maschine vorgenommen. Bei sorgfältiger Ausführung der Messung und der Verdrehung war nach einer erneuten Aufnahme in den meisten Fällen keine neue Korrektur mehr notwendig. In wenigen Fällen mußte eine zweite Nachstellung vorgenommen werden. Es erwies sich hierdurch auch als nicht erforderlich, den Ständer des Hilfsgenerators, wie vorübergehend in Erwägung gezogen, um die Achse drehbar anzuordnen, um auch im Betrieb der Maschine die Einstellung der richtigen Phasenlage der Hilfsmaschine vornehmen zu können. Zum Ansetzen der Hilfsmaschine wurden zum Teil besonders stabile, aus Eisen hergestellte, zum Teil aber auch in einfacher Weise aus Eisenbahnschwellen zusammengebaute Hilfsgerüste angebracht (Abb. 14). Als Kupplung zwischen Haupt- und Hilfsmaschine hat sich hierbei die in Abb. 15 dargestellte einfache Lederkupplung bestens bewährt. Sie zeigte sich anderen Kupplungen gegenüber, von denen verschiedene Arten ausprobiert wurden, durchaus überlegen.

Abb. 14. Anbringung der Hilfsmaschine.

Abb. 15. Kupplung der Hilfsmaschine.

Als Hilfsmaschinen wurden zum Teil gewöhnliche listenmäßige Drehstrom-Asynchronmotoren mit Schleifringanker (0,8 kVA), zum Teil aber auch kleine Synchronmaschinen (0,6 kVA), die besonders für die Versuche beschafft worden waren, verwendet. Bei den Drehstrom-Asynchronmaschinen wurde der Läufer mit Gleichspannung gespeist, wobei 2 Phasen der Wicklung parallel und mit der dritten in Reihe geschaltet wurden. Die Spannung dieser Hilfsmaschinen war nicht rein sinusförmig, sie war aber doch immer noch so, daß auch diese Maschinen für den Zweck vollkommen ausreichten.

Um auch bei kleinen Zeitmaßstäben von z. B. nur 2 mm Länge für eine Halbperiode die Polradverdrehung genau messen zu können und um vor allem auch ein deutliches Bild von der Veränderung der Polradverdrehung zu haben, wurde bei verschiedenen Versuchen die Differenz der Generator- und der Hilfsmaschinenspannung nach der in Abb. 16 unter *b)* angegebenen Schaltung oszillographisch aufgenommen. Nach der Vektordarstellung unter *a)* der Abb. 16 konnte dann die Polradverdrehung δ zeichnerisch ermittelt werden. Bei kleinen Werten des Winkels wurde die Differenzspannung in größerem Maßstab, bei größeren Werten im gleichen Maßstab wie die Maschinenspannungen aufgenommen. Bei Verwendung einer einfachen Drehstrom-Asynchronmaschine in der oben geschilderten Weise als Hilfsmaschine mußte für die Messung der Differenzspannung ein Siebkreis angewendet werden, der in der Abb. 16 unter *c)* angegeben ist.

Messung der Drehzahl.

Die Wechselspannung der Hilfsmaschine zur Messung der Polradverdrehungen wurde beim ersten Teil der

Versuche gleichzeitig zur Bestimmung der Drehzahl verwendet, indem diese Spannung mit den Schwingungen einer auf 50 Hz abgestimmten Stimmgabel verglichen wurde. Diese Methode der Drehzahlbestimmung ist jedoch sehr langwierig und außerdem nicht sehr genau. Sie gestattet auch nicht, kleine Schwankungen in der Drehzahl, wie sie z. B. bei Belastungsänderungen beim Einregeln auf den

Abb. 16. Schaltung und Diagramm für die Messung der Polradverdrehung.

neuen Wert der Drehzahl eintreten können, mit Bestimmtheit festzustellen, da die möglichen Fehler in der Ablesung bereits größer als solche Schwankungen sind. Um ein unmittelbares Bild von der Drehzahlveränderung und insbesondere auch genauere Werte zu bekommen, wurde die in Abb. 17 dargestellte Differenzschaltung verwendet. Die hierzu erforderliche Gleichstrom-Hilfsmaschine wurde mit der Drehstrom-Hilfsmaschine auf gemeinsamer Fundamentplatte aufgestellt und gekuppelt. Diese Gruppe wurde dann als Ganzes in der geschilderten Weise mit dem zu untersuchenden Generator verbunden. Um den Ausschlag der Schleife nach beiden Seiten hin ausnutzen zu können, wurde bei dieser Meßanordnung die Einstellung so gewählt, daß die Schleife bei den Versuchen, bei denen eine Drehzahlerhöhung zu erwarten war, anfangs nach der Seite der Drehzahlabnahme ausschlug. Die Drehzahlerhöhung führte die Schleife dann über ihre Nullstellung hinweg nach der anderen Seite. Die Einrichtung konnte unter Zuhilfenahme von Schleifen für 20 oder 4 mA so empfindlich eingestellt werden, daß auch bei kleinen Drehzahländerungen von 5 % an der Ausschlag der Schleife nach beiden Seiten hin voll ausgenutzt werden konnte. Die Ablesefehler wurden dadurch auf einen sehr geringen Wert herabgesetzt. Um die Kommutator-Oberschwingungen der Maschine unwirksam zu machen, mußte der Oszillographenschleife eine Drosselspule vorgeschaltet werden, deren passendster Wert für die gegebenen Verhältnisse 1,2 ... 2,4 H betrug. Die Eichung der Einrichtung geschah in der Weise, daß bei konstanter Umdrehungszahl die Meßspannung an

Abb. 17. Schaltung für die Drehzahlmessung.

der Gleichstrom-Hilfsmaschine in Stufen in den zu erwartenden Grenzen durch Verstellung der Erregung geändert und mit einem Präzisionsinstrument, das noch einen Wert von rd. 0,2 % abzulesen gestattete, gemessen wurde. Das gleichzeitig hierbei aufgenommene Eichoszillogramm gestattete dann, rückwärtig für eine bestimmte Änderung des Ausschlages die Änderung der Spannung anzugeben, die beim Versuch bei konstanter Erregung proportional der Geschwindigkeitsänderung erfolgte, und somit also auch die Änderung der Geschwindigkeit selbst. Während der Versuche wurde weiterhin die Einrichtung noch dadurch überprüft, daß an dem gleichen Präzisionsinstrument die Spannung vor Beginn des Versuches, die höchste Spannung während des Versuches und die Spannung am Ende des Versuches abgelesen wurden. Die Vergleiche dieser Werte mit den Eichwerten zeigten in allen Fällen gute Übereinstimmung. Mit dieser Einrichtung konnten auch kleine Pendelungen, z. B. noch von ± 0,4 %, einwandfrei gemessen werden. *(Fortsetzung folgt.)*

Der Spritzguß organischer Massen in der Elektrotechnik.

Von Dr. F. **Pabst**, Troisdorf.

Übersicht. **Das Verfahren des Metallspritzgusses wird auf organische plastische Massen übertragen. Die bis heute zur Verwendung gelangenden Spritzgußmassen zeichnen sich durch hohe mechanische, elektrische und chemische Festigkeit aus. Es wird eine Methode zur Herstellung hochwertiger, kompliziert gebauter Isolierkörper beschrieben.**

Dem Elektrotechniker ist der Aufstieg der Preßmassen bekannt, welcher während der letzten 10 Jahre dazu führte, daß kleine und größte Isolierstücke auf dem Wege der Verformung von organischen Preßmassen hergestellt werden. Weniger bekannt ist ein zweiter Weg der Verformung organischer Massen, das sog. Spritzgußverfahren. Dieses gestattet ebenfalls die Herstellung hochwertiger komplizierter Isolierkörper, jedoch in wesentlich kürzerer Arbeitszeit. Die Spritzgußmassen sind den üblichen bekannten Preßmassen auf der Basis der Phenol- oder Harnstoffharze dadurch überlegen, daß die Fertigung geformter Gegenstände auf dem Wege des Spritzgusses wesentlich schneller vor sich geht als auf dem Wege der Pressung. Besonders durch die in den letzten Jahren durchgeführten Verbesserungen der Spritzgußmaschinen wurde es möglich, daß das Spritzgußverfahren in erfolgreiche Konkurrenz zum Preßverfahren treten konnte.

Der Spritzguß organischer Massen ist dem Spritzguß der Metalle[1] nachgebildet. Dieser besteht bekanntlich darin, daß geschmolzenes Metall unter Druck in eine kalte Form gepreßt wird. Durch die schnelle Abkühlung schreckt die Oberfläche des Gießlings ab, wodurch sich eine ganz besonders hochwertige Oberflächenstruktur herausbildet. Der Vorgang dauert etwa eine halbe Minute.

Ähnlich liegen die Verhältnisse beim Spritzguß organischer Massen. Das Material wird zwar nicht geschmolzen, aber doch soweit erwärmt, daß es unter Druck zähflüssig ist und durch eine feine Düse verspritzt werden kann. Die Düse schließt fest an die auszufüllende Form an. Die Form selbst wird dauernd kühl gehalten, so daß wie beim Metallspritzguß das heiß eingepreßte Material sofort erstarrt und der fertige Gegenstand sofort der Form entnommen werden kann. Die so hergestellten Gegenstände kommen mit vorzüglicher Politur aus der Form und sind ohne weiteres gebrauchsfertig. Die Dauer des Spritzgußvorganges schwankt mit der Größe des herzustellenden Gegenstandes. Im allgemeinen beträgt die benötigte Zeit 12 ... 30 s. Natürlich ist es möglich, in einer Form mehrere Gegenstände gleichzeitig zu spritzen, sofern die erforderliche Masse nicht über die Fassungkraft der Maschine hinausgeht. Dadurch wird die Fertigungsdauer des Einzelstücks wieder ganz bedeutend herabgesetzt.

Sehr wesentlich ist, daß diese Spritzkörper schnell und billig verkittet werden können, wodurch wesentlich kompliziertere Konstruktionsteile in festem Zusammenhang entstehen. Bei Trolit verwendet man als Bindemittel einen Tropfen, Azeton, bei Trolitul Benzol.

Gewinde oder Metallteile können mit eingespritzt werden. Tatsächlich existieren schon sehr viele elektrotech-

[1] Siehe auch „Die Anwendung des Metallspritzgußverfahrens bei der Herstellung von Formstücken auf der Basis von Cellulose-Derivaten", Chemisch-metallurg. Z. 1931, Nr. 8, und „Der Spritzguß organischer plastischer Massen", Plastische Massen 1931, Nr. 3, ferner „Der Metallspritzguß", Plastische Massen 1931, Nr. 7 u. f.

nische Gegenstände, welche auf dem Wege des Spritzgusses mit eingespritzten Metallteilen hergestellt wurden. Da die Spritzgußmasse unter sehr hohem Druck die Metallteile

Abb. 1. Sternspulen und Spulenhalter, etwa $^{1}/_{3}$ nat. Größe.

umfließt, haften diese im fertigen Gegenstand so fest, daß sie nur durch Zertrümmerung des ganzen Objektes freigelegt werden können. Die Abb. 1 ... 4 zeigen eine Reihe

Abb. 2. Spulen verschiedener Größe, nach dem Spritzgußverfahren hergestellt, etwa $^{1}/_{3}$ nat. Größe.

von Gegenständen, die in der Schwachstromtechnik dauernd Verwendung finden und auf dem Wege des Spritzgusses gewonnen wurden. Sie sind aus schwarzem Material

Abb. 3. Trolitumspritzte Metallscheibe der Selbstwählerzentrale.

der Rheinisch-Westfälischen Sprengstoff AG., Troisdorf, hergestellt, könnten aber ebensogut in jeder anderen Farbe verfertigt werden.

Das Spritzgußmaterial, welches bis vor kurzer Zeit für die Herstellung hochwertiger Isolierkörper Verwendung fand, ist das Trolit aus plastifizierter Azetylzellulose. Die Herstellung und Verwendung der Azetylzellulose für plastische Massen geht bereits über 20 Jahre zurück. Zur Herstellung von Spritzgußkörpern aus Azetylzellulose war es aber nötig, ein besonderes Fabrikationsverfahren einzuschlagen, da der Isolierkörper nicht nur isolierend wirken, sondern auch in mechanischer und wärmetechnischer Beziehung bestimmten Anforderungen

Abb. 4. Spritzgußteile, bei denen die Metalleinlagen umspritzt wurden.

genügen muß. Die heute verwandten Spritzgußmassen auf der Basis der Azetylzellulose genügen allen Anforderungen, die an hochwertige Isolierstoffe der Schwachstromtechnik gestellt werden können. Zahlentafel 1 zeigt die Eigenschaften dieser Trolit-Spritzgußmasse.

Zahlentafel 1.

spez. Gewicht . . . . rd.	1,4
Wasseraufnahme*	0,84%
Biegefestigkeit	550 kg/cm²
Zugfestigkeit	260 kg/cm²
Schlagbiegefestigkeit	30 cmkg/cm²
Wärmebeständigkeit	40° Martens
Glutsicherheit	Gütegrad I
innerer Widerstand	500 000 MΩ
Oberflächenwiderstand	300 000 MΩ
Dielektrizitätskonstante	$\varepsilon = 6{,}0$
Verlustwinkel	$\operatorname{tg} \delta = 0{,}03$
elektr. Durchschlagfestigkeit	45 kV/mm

* eines Stabes von 10 × 15 × 120 mm, der 24 h im Wasser lag.

Besonders wichtig ist die Tatsache, daß die Schlagbiegefestigkeit dieser Masse eine auf dem Gesamtgebiete der Isolierstoffe fast einzig dastehende ist. Sie wird lediglich durch Hartpapier- und Hartgewebekörper übertroffen. Die Wärmebeständigkeit entspricht der des Hartgummis. Wie hoch in elektrischer Beziehung die Spritzgußmasse Trolit zu bewerten ist, geht aus der Zahlentafel 2 hervor.

Zahlentafel 2*.

	spez. Widerst.
Hartholz (je nach Feuchtigkeitsgehalt, Alter und Holzart)	$10^{2} \ldots 10^{5}$
Papier, Pappe u. dgl. (je nach Feuchtigkeitsgehalt)	$10^{3} \ldots 10^{7}$
Papiermaché	$5 \cdot 10^{4} \ldots 10^{7}$
Hartpapier	$2 \cdot 10^{6} \ldots 10^{14}$
Vulkanfiber	$2 \cdot 10^{7} \ldots 10^{9}$
Preßspan	$10^{8} \ldots 10^{10}$
Glimmer	$2 \cdot 10^{13} \ldots 5 \cdot 10^{16}$
Trolit-Preßstoff	$10^{15} \ldots 10^{18}$
Hartgummi	$2 \cdot 10^{15} \ldots 10^{18}$
Trolit-Spritzguß	$5 \cdot 10^{19}$

* Entnommen aus Astra-Nachr. 1930, S. 81.

In neuester Zeit wurde ein zweiter Rohstoff gefunden, der sich zur Herstellung geformter Gegenstände nach dem Spritzgußverfahren eignet. Dieser — das Trolitul — gestattet, vollkommen glasklare Produkte zu er-

Zahlentafel 3.

spez. Gewicht	rd 1,05
Wasseraufnahme*	0,000
Biegefestigkeit	610 kg/cm²
Schlagbiegefestigkeit	17 cmkg/cm²
Wärmebeständigkeit bis	85° Martens
Glutsicherheit	Gütegrad I
innerer Widerstand	unendlich
Oberflächenwiderstand	unendlich
Dielektrizitätskonstante	$\varepsilon = 2{,}5$
Verlustwinkel	$\operatorname{tg} \delta = 0{,}0002$
elektr. Durchschlagfestigkeit	50 kV/mm

* eines Stabes von 10 × 15 × 120 mm, der 24 h im Wasser lag.

Zahlentafel 4.

	Trolit W	Hartgummi	Preßbernstein	Trolitul
800 Hz				
Dielektrizitätskonstante ε				
direkt	6,1	3,5	2,8	2,5
4 Tg. bei 80° rel. Feuchtigk.	6,9	—	—	2,5
Verlustwinkel tg δ				
direkt	0,028	0,004	0,0012	0,0002
4 Tg. bei 80° rel. Feuchtigk.	0,041	—	—	0,0002
750 000 Hz			600 000 Hz	
Dielektrizitätskonstante ε				
direkt	5,2	—	2,8	2,6
4 Tg. bei 80° rel. Feuchtigk.	5,7	—	—	2,6
Verlustwinkel tg δ				
direkt	0,048	—	0,0005	0,0002
4 Tg. bei 80° rel. Feuchtigk.	0,052	—	—	0,0003

zeugen. Trolitul hat außerdem in elektrischer Beziehung den großen Vorteil, absolut wasserfest zu sein. Zahlentafel 3 zeigt die Eigenschaften dieses Stoffes.

Zahlentafel 4 enthält eine Gegenüberstellung der Eigenschaften beider Spritzgußmassen mit denen des Hartgummis und Bernsteins, aus welcher hervorgeht, daß dieses neueste Spritzgußmaterial dielektrische Eigenschaften besitzt, welche selbst der Bernstein, der zweifellos das hochwertigste dielektrische Material war, nicht aufweisen kann.

Damit eröffnen sich für die Konstruktion hochempfindlicher Apparate, wie sie die Hochfrequenztechnik, Telephonie und Telegraphie benötigen, neue Aussichten. Besonders für die Industrie der Fernsehapparate wird dieses Material durch seine absolute Unempfindlichkeit gegen atmosphärische Feuchtigkeit durch das Fehlen jeglicher „Wasserhaut“, durch seinen ideal geringen Verlustwinkel sowie durch die niedrige Dielektrizitätskonstante manche Schwierigkeiten beheben, die der Entwicklung dieser Industrie z. Z. noch im Wege stehen.

Die Bestimmung der Richtung der Phasenverschiebung in einem Leistungsmesser.

Von H. **Schering**, Hannover.

Übersicht. **Legt man eine Kapazität passender Größe parallel zu einem Teil des Vorwiderstandes im Spannungspfad eines Leistungsmessers und sinkt dadurch der Ausschlag, so ist die Phasenverschiebung induktiv; steigt dagegen der Ausschlag, so ist sie kapazitiv.**

Bisweilen ist die Richtung der Phasenverschiebung in einem Leistungsmesser nicht ohne weiteres aus der Anordnung zu entnehmen, ihre Kenntnis aber erwünscht.

Die Spannung U sei gegen den Hauptstrom I um den Winkel φ in der Phase verschoben, φ ist positiv bei induktiver Last. Der Strom in der Spannungspule sei I_v, der Widerstand des Spannungspfades sei R; der Blindwiderstand der Spannungspule ist bei den üblichen Leistungsmessern für technische Frequenz so klein gegen R, daß I_v gegen U nicht merklich in der Phase verschoben ist. Bezeichnet K die Wattmeterkonstante, so ist der Ausschlag des Leistungsmessers

$$\alpha = \frac{R}{K} I_v I \cos\varphi = \frac{U I}{K} \cos\varphi.$$

Legen wir nun eine Kapazität C parallel zu einem die Spule nicht enthaltenden Teil r des Spannungspfades, so wird der Strom in der Spannungspule I_v' um einen Winkel vom Betrage δ der Spannung U voreilen. Die Phasenverschiebung von I_v' gegen I ist dann $(\varphi + |\delta|)$ und der Ausschlag des Leistungsmessers wird

$$\alpha' = \frac{R}{K} I_v' I \cos(\varphi + |\delta|).$$

Der Spannungspfad hat nun den Scheinwiderstand Z und es ist

$$U = I_v' Z = R I_v' \frac{Z}{R},$$

somit

$$\alpha' = \frac{R}{Z} \frac{U I}{K} \cos(\varphi + |\delta|).$$

Ist φ positiv (indukt. Verschiebung), so ist $\cos(\varphi + |\delta|)$ kleiner als $\cos\varphi$, dadurch würde der Ausschlag beim Anlegen der Kapazität sinken, anderseits ist Z infolge der Parallelschaltung kleiner als R, hierdurch würde der Ausschlag steigen; wir müssen also näher untersuchen, wie die Wirkung der beiden einander entgegengesetzten Einflüsse ist. Lösen wir den Cosinus der Winkelsumme auf, so erhalten wir nach einfacher Umformung:

$$\alpha' = \frac{R \cos\delta}{Z} [1 - \operatorname{tg}\varphi \operatorname{tg}|\delta|]\, \alpha.$$

Der Operator des Scheinwiderstandes Z ist in komplexer Schreibweise

$$\mathfrak{Z} = (R - r) + \frac{r}{1 + j r \omega C};$$

hieraus finden wir den Betrag

$$Z = R \sqrt{\frac{1 + \left(\frac{R-r}{R}\right)^2 (r \omega C)^2}{1 + (r \omega C)^2}}$$

und den Winkel

$$\operatorname{tg}|\delta| = \frac{r}{R} (r \omega C) \left[\frac{1}{1 + \left(\frac{R-r}{R}\right)(r \omega C)^2}\right].$$

Machen wir die künstliche Phasenverschiebung δ klein, so ist in dem Ausdruck für $\operatorname{tg}|\delta|$ die eckige Klammer praktisch unmerklich wenig von 1 verschieden und kann vernachlässigt werden. Führen wir nun $\operatorname{tg}|\delta|$ in den Ausdruck für Z ein, so können wir mit unmerklichen Vernachlässigungen schreiben:

$$\frac{R \cos\delta}{Z} = 1 + \frac{1}{2}\left[\frac{R^2}{r^2} - \left(\frac{R}{r} - 1\right)^2\right] \operatorname{tg}^2 \delta$$
$$= 1 + \left(\frac{R-r}{r}\right) \operatorname{tg}^2 |\delta|.$$

Der Faktor $\left(\frac{R-r}{r}\right)$ wird um so kleiner, je größer r ist.

Mit erlaubten Vernachlässigungen können wir nun zusammenfassen:

$$\alpha' = \alpha\left\{1 - \left[\operatorname{tg}\varphi - \left(\frac{R-r}{r}\right)\operatorname{tg}|\delta|\right] \operatorname{tg}|\delta|\right\}.$$

Die prozentuale Änderung des Ausschlags beim Anlegen des Kondensators ist also:

$$100 \frac{d\alpha}{\alpha} = -\left[\operatorname{tg}\varphi - \left(\frac{R-r}{r}\right)\operatorname{tg}|\delta|\right] . 100 \operatorname{tg}|\delta|.$$

Die Formel sagt:

Durch Anlegen der Kapazität wird der Ausschlag α

a) stets größer bei negativem φ,

b) kleiner bei positivem φ oberhalb der Grenze

$$\operatorname{tg}\varphi = +\left(\frac{R-r}{r}\right)\operatorname{tg}|\delta|,$$

c) größer bei positivem φ unterhalb dieser Grenze.

Im Falle c) haben wir also eine von b) abweichende, d. h. falsche Anzeige; aber sehen wir nun an einem Beispiel, um welche Größen es sich dabei handelt.

Die Leistungsmesser haben meist neben den beiden Klemmen des Spannungspfades noch eine 1000 Ω-Klemme; in dem 1000 Ω-Teil befindet sich die Spannungspule. Wir haben also den Kondensator C an die 1000 Ω-Klemme und diejenige Klemme des Spannungspfades zu legen, an der der eingebaute Vorwiderstand endet. Wählen wir einen Leistungsmesser vom sog. Laboratoriumstyp, so ist:

$$R = 3333\,\Omega,\quad r = 2333\,\Omega.$$

Für die Frequenz 50 Hz benutzen wir einen Kondensator

$$C = 0{,}1\,\mu\text{F},$$

dann wird

$$\operatorname{tg}|\delta| = 0{,}0514; \quad \left(\frac{R-r}{r}\right)\operatorname{tg}|\delta| = 0{,}0220$$

und der in tg δ vernachlässigte Faktor [ ] = 0,9984.

In der folgenden Zahlentafel sind die prozentualen Änderungen des Ausschlages beim Anlegen der Kapazität für einige Werte von cos φ zusammengestellt.

	cos φ	Änderung von α um %	
b)	0,70	— 5,1	
	0,80	— 3,8	
	0,90	— 2,3	
	0,95	— 1,6	
	0,990	— 0,6	induktiv
	0,995	— 0,4	
	0,9990	— 0,1	
c)	0,9998	0,0	
	1,0000	+ 0,11	
a)	0,9998	+ 0,2	
	0,9990	+ 0,3	
	0,995	+ 0,6	
	0,990	+ 0,8	kapazitiv
	0,95	+ 1,8	
	0,70	+ 5,3	

Die Zahlentafel zeigt, auf wie außerordentlich kleine Abweichungen des cos φ von 1 die einfach auszuführende Kapazitätsprobe noch deutlich erkennbar reagiert, wenn die Belastung zeitlich genügend konstant ist. Die Falschanzeige und das Gebiet c) derselben sind so klein, daß sie praktisch belanglos sind.

Allerdings wird die Falschanzeige und ihr Bereich etwas größer, wenn man einen Papierkondensator benutzt. Neuzeitliche Telephonkondensatoren obiger Kapazität haben einen Verlustfaktor von 0,008 bei 50 Hz. Den Papierkondensator von 0,1 μF können wir ersetzt denken durch eine verlustfreie Kapazität dieses Betrages mit einem Parallelwiderstand von $2{,}5 \cdot 10^6\,\Omega$. Beim Anlegen des Kondensators an $r = 2333\,\Omega$ erhöht der Parallelwiderstand die Wirkkomponente von I_v' um 0.07 %, so daß die Falschanzeige bei cos φ = 1,0000 von + 0,11 % auf + 0,18 % wächst und das Gebiet der Falschanzeige sich bis 0,9994 erweitert. Auch das ist praktisch in der Regel belanglos.

Macht man C n-mal größer, so wächst die Falschanzeige infolge des kleineren Scheinwiderstandes mit n^2 und außerdem noch durch den kleineren den Verlustfaktor ersetzenden Parallelwiderstand.

Die 3. Tagung des Internationalen Beratenden Ausschusses für Telegraphie (CCIT) in Bern.

I.

Gesamtbericht.

Seit der letzten Tagung des CCIT im Jahre 1929 in Berlin[1] sind die neu aufgeworfenen Fragen und diejenigen Aufgaben, welche noch nicht zu einer endgültigen Lösung gebracht werden konnten, durch theoretische und praktische Untersuchungen verschiedener am CCI beteiligter Telegraphenverwaltungen, Betriebsgesellschaften und Firmen erheblich gefördert worden. Einige besonders eingesetzte Unterkommissionen haben durch Sonderbesprechungen ihr Aufgabengebiet soweit gefördert, daß die Vollkonferenz zu entscheidenden Beschlüssen kommen konnte. Die Arbeiten der Berner Tagung wurden außerdem in ihrer Gesamtheit dadurch wesentlich gefördert, daß im Januar d. J. im Haag sämtliche Fragen vorberaten und dabei soweit als irgend möglich zu einer beschlußfähigen Lösung gebracht wurden.

Die am 11. V. in Bern zusammengetretene Vollversammlung des CCIT war von etwa 120 Telegraphentechnikern der verschiedenen dem Welttelegraphenverein angehörenden Länder einschl. der Vertreter der Kabel- und Funkgesellschaften sowie der Sachverständigen der einschlägigen Industrie besucht.

Das gesamte Arbeitsgebiet wurde in 5 Sektionen durchberaten, und zwar:

A. Sektion für technische Fragen (Vorsitz: Breisig, Deutschland).

B. Sektion für Betriebsfragen (Vorsitz: Gneme, Italien).

C. Sektion für Gebührenfragen (Vorsitz: Phillips, England).

D. Sektion für Organisation (Vorsitz: Muri, Schweiz).

E. Sektion für die Redaktion der Beschlüsse.

Im nachstehenden soll versucht werden, die behandelten Fragen in ihrer Bedeutung zu umreißen und die wichtigsten der gefaßten Beschlüsse aufzuführen.

A. Sektion für technische Fragen.

I. Theoretische Fragen der Zeichenübertragung in der Telegraphie.

Während noch bei der 2. Tagung versucht wurde, eine Methode für die Vorausberechnung der Telegraphiergeschwindigkeit zu finden, hat der weitere Fortgang der Arbeiten jedoch gezeigt, daß diese Aufgabe nur in den allereinfachsten Fällen zu einer Lösung geführt werden kann. Insbesondere lassen sich bei den heutigen Übertragungsmethoden der Telegraphie im Fernkabel die zahlreichen Einflüsse, welche für die Form der Telegraphierzeichen maßgebend sind, kaum erfassen. Die Fragestellung wurde deshalb dahin geändert, daß man nunmehr empfiehlt, die für die Zeichenübertragung der Telegraphie wesentlichen Einflüsse in ihrer Abhängigkeit von der Telegraphiergeschwindigkeit und von der Art der Zusammensetzung der Telegraphenverbindung meßtechnisch zu untersuchen und diejenigen Bedingungen festzulegen, welche für eine betriebsichere Zeichenübertragung erfüllt sein müssen. Um ein einheitliches Vorgehen auf diesem schwierigen Gebiet sichern zu können, war zunächst die Festlegung der Begriffe nötig, wie: Übertragungsweg, Verzerrung der Telegraphierzeichen, das ist die prozentuale Abweichung der Telegraphierzeichen von ihrer Sollänge, Spielraum des Telegraphenapparates, d. i. die obere Grenze der Verzerrung der Telegraphierzeichen, welche ein gegebener Apparat gerade noch richtig wiederzugeben vermag. Der Ausgangspunkt für die Zeichenübertragung der Telegraphie muß demnach der Spielraum des zu verwendenden Apparates sein. Dieser kann durch theoretische und praktische Untersuchungen ein für allemal festgestellt werden und ist heute durch die dem CCIT gelieferten Beiträge für die wichtigsten Telegraphenapparate bekannt. Die Telegraphiergeschwindigkeit, mit welcher ein Apparat nun über eine gegebene Telegraphenverbindung arbeiten kann, hängt ab von der Verzerrung der Telegraphierzeichen bei den verschiedenen Geschwindigkeiten, welche man, wenn nicht anders, jedenfalls meßtechnisch ermitteln kann. Es ist nun eine weitere Aufgabe, anzugeben, welche Sicherheitszuschläge zu der so ermittelten Zeichenverzerrung gemacht werden müssen, um einen praktischen Betrieb auf die Dauer sicherstellen zu können.

Diese Betrachtungsweise stellt die Vorausberechnung der Telegraphierleistung auf eine völlig neue Basis und wird letzten Endes zu Methoden führen, welche gestatten, die längs der Leitung fortschreitende Zeichenverzerrung in ähnlicher Weise messen und überwachen zu können, wie dies heute in der Fernsprechtechnik der Fall ist.

II. Fragen der Normung.

a) Die Verschiedenartigkeit der Telegraphenleitungen ist von je ein Hindernis für die Ausbreitung der Telegraphie gewesen. Nachdem man nun mehr und mehr erkannt hat, daß der Springschreiber sich als Einheitsapparat der Telegraphie durchsetzen wird, ist der von Deutschland schon 1926 gemachte Vorschlag, eine Normung der im Fernkabel neuzuschaffenden Telegraphenverbindungen auf eine Telegraphiergeschwindigkeit von 50 Bauds, angenommen worden. Es bleibt noch zu ermitteln, welche Verzerrung bei dieser Telegraphiergeschwindigkeit zugelassen werden kann, wenn es sich um wichtige Leitungen oder um Zubringerleitungen handelt.

b) Die Festlegung der Trägerfrequenzen in der Tonfrequenztelegraphie ist bereits in der 2. Tagung weitgehend gefördert worden. Die dort vorgeschlagenen praktischen Untersuchungen des deutschen Frequenzvorschlages, der eine Verteilung der Frequenzen nach der Reihe

$$f = 420 + (n - 1) \cdot 120 \quad (n \text{ Ordnungszahl der Frequenz})$$

vorsieht, hatten in der Zwischenzeit in Frankfurt a. M.

[1] „Die 2. Tagung des Internationalen Beratenden Ausschusses für Telegraphie (CCIT) in Berlin", ETZ 1929, S. 1364.

stattgefunden. Sie haben ergeben, daß ein Abstand der Trägerfrequenzen von 120 Hz völlig ausreichend ist, um allen Anforderungen an die Betriebsicherheit für die im internationalen Betrieb hauptsächlich verwendeten Telegraphenapparate gerecht werden zu können[2]. Daraufhin wurde empfohlen, für den internationalen Betrieb mit Tonfrequenztelegraphie ganz allgemein diese Verteilung der Trägerfrequenzen vorzusehen. Eine Ausnahme wird nur zugelassen, wenn die Tonfrequenzverbindung die Verlängerung eines Seetelegraphenkabels von besonderer Leistungsfähigkeit bildet. Damit ist einer raschen technischen Weiterentwicklung und einer hohen Wirtschaftlichkeit des internationalen Tonfrequenzbetriebes der Weg geebnet.

III. Untersuchungen der Telegraphenrelais hinsichtlich der Bedingungen, die vom Betrieb gestellt werden.

Diese Aufgabe hat sich als außerordentlich verwickelt erwiesen. Die bisher vorliegenden Beiträge zeigen jedoch, daß sie unbedingt weiter studiert werden muß und daß dabei vor allem die nachstehenden Eigenschaften geprüft werden sollen:

a) Die Genauigkeit der Zeichenwiedergabe (Zeichenverzerrung),
b) die Gleichmäßigkeit der Zeichenwiedergabe,
c) die Anpassung des Relais an die Leitung,
d) die Empfindlichkeit.

Diese Untersuchungen werden erkennen lassen, in welcher Weise eine Betriebsvorschrift für die Einregelung und die Überwachung der Telegraphenrelais gegeben werden kann. Sie können schließlich zur Aufstellung eines Pflichtenheftes für Relais dienen, die im internationalen Betriebe benutzt werden sollen.

IV. Bedingungen für die Mitbenutzung von Fernsprechkabeln durch die Telegraphie.

Außer den für die Mitbenutzung durch Unterlagerungstelegraphie bereits festgelegten Bedingungen für ein störungsfreies Nebeneinanderarbeiten wurde nun auch zugelassen, solche Phantomleitungen, die eine für Sprachübertragung nicht mehr ausreichende Nebensprechfreiheit aufweisen, mit Telegraphenleitungen zu belegen. Es handelt sich hierbei vor allem um die Vierer bei sternverseilten und um die Achter bei DM-verseilten Kabeln. Ein einfaches Filter zur Beseitigung der in den Telegraphierzeichen enthaltenen höheren Frequenzen genügt zur sicheren Vermeidung von Störungen auf den Fernsprechbetrieb. Dabei können bei den genormten Geschwindigkeiten Reichweiten von 300 ... 400 km unter normalen Betriebsbedingungen erreicht werden. Die von schwedischer Seite neu vorgeschlagene Überlagerungstelegraphie ist eine Wechselstromtelegraphie im Gebiet oberhalb des Sprachbandes, welche hinsichtlich ihrer betrieblichen Eignung für das Nebeneinanderbestehen von Fernsprech- und Telegraphenbetrieb noch weiter untersucht werden muß. Somit stehen nunmehr im Fernkabel folgende Telegraphiermethoden zur Verfügung:

1. Telegraphie auf besonderen Adern:
   a) mit Gleichstrom,
   b) „ Wechselstrom;
2. Telegraphie in Adern, die mit Fernsprechbetrieb belegt sind:
   a) durch Unterlagerungstelegraphie,
   b) „ Überlagerungstelegraphie;
3. Telegraphie in Phantomkreisen.

V. Normung der Geräte für Bildübertragung.

Die in Berlin 1929 begonnenen Arbeiten konnten zum Abschluß gebracht werden. Im Betrieb vorgeführte völlig verschiedenartig konstruierte Bildgeräte der Firmen Siemens & Halske, Berlin, und Belin, Paris, legten ein beredtes Zeugnis für den praktischen Erfolg der Normung ab. Die Vereinheitlichung bezieht sich auf folgende Daten:

Durchmesser des Zylinders $D = 66$ mm, Trommellänge mindestens $= 2D$, normale Drehzahl $= 1$ U/s, Feinheit des Rasters 5⅓ Linien/mm, Synchronisierfrequenz 1020 Hz, Trägerfrequenz für Kabelleitung 1300 Hz. Das zulässige Spiel für die Geschwindigkeitseinstellung und die Gleichförmigkeit der Trommelbewegung wurden festgelegt und Empfehlungen gegeben, in welcher Weise die richtige Phasenstellung der Trommeln, sei es von Hand oder selbsttätig, erreicht werden soll.

VI. Schutz der Telegraphenleitungen gegen Störbeeinflussung durch Starkstromleitungen.

Die im Zusammenarbeiten mit den Organisationen der Starkstromseite bisher aufgestellten Richtlinien für den Schutz der Fernmeldeanlagen, die sich auf Maßnahmen beziehen, welche sowohl auf der Fernmeldeseite als auch auf der Seite der störenden Starkstromanlage getroffen werden können, sind angenommen worden. Diese Richtlinien beabsichtigen, die durch die Starkstromanlage verursachte Hochspannungsgefahr, die Gefahr der Zerstörung der Apparate und die möglichen Betriebstörungen zu vermeiden. Da sie auch für die Starkstromseite von besonderer Bedeutung sind, werden sie in Teil II dieses Berichtes vollständig wiedergegeben.

VII. Symbole.

Mehrere internationale Kommissionen bemühen sich bereits, für ihr Arbeitsgebiet eine einheitliche Darstellungsweise ihrer Apparate und Schaltmittel in den technischen Zeichnungen zu finden und eine Liste aufzustellen, welche die zugehörigen Bezeichnungen in den wichtigsten Sprachen angibt. Die Arbeiten sind noch nicht abgeschlossen.

B. Betriebsfragen.

I. Einheitsalphabet.

Seit Bestehen des CCIT beansprucht diese Frage, da sie die Grundlage aller weiteren Vereinheitlichungen bildet, das Hauptinteresse der Telegraphentechniker. Schon bei der 1. Tagung des CCIT 1926 ist von deutscher Seite in dieser Beziehung auf das Murray-Alphabet hingewiesen worden, da es die weitaus größte Verbreitung in der Welt hat. Jedoch drang damals der Standpunkt der Länder mit vorherrschendem Baudot-Betrieb durch, so daß diese 1. Tagung mit der Empfehlung auseinanderging, die weiteren Vorschläge auf der Grundlage des Baudot-Alphabets aufzubauen. Auch die 2. Tagung lehnte nochmals ausdrücklich die Annahme des Murray-Alphabets ab. Um aber die Schaffung eines neuen Alphabets zu vermeiden, wurde nun von deutscher Seite zur 2. Tagung der Vorschlag gemacht, das unabgeänderte Baudot-Alphabet auch für Springschreiber anzunehmen, was allerdings die Benutzung einer vierreihigen Tastatur zur Voraussetzung gehabt hätte. Diese Bedingung schien jedoch England und Holland unannehmbar. So entstanden als Kompromißvorschlag der 2. Tagung 1929 zwei Alphabete: das nur wenig geänderte Baudot-Alphabet für den Vielfachbetrieb und ein von diesem abgeleitetes Alphabet, das die Zuordnung der Zahlen zu der ersten Tastenreihe der englischen Schreibmaschinentastatur gestattet. Dieses letztere Alphabet hatte die im europäischen Telegraphenbetrieb mit Fünferalphabeten meist benutzten 2 Abstandstasten erhalten d. h. die Kombinationen, welche den Wechsel von der Buchstabenseite zur Zeichenseite und umgekehrt bewirken, wurden zwangläufig mit dem Abstand verbunden. Bei dieser Anordnung können auf der Zeichenseite liegende Druckzeichen nicht ohne Abstand in den Text eingefügt werden, man spart hingegen einige Tastenanschläge. Länder wie Rußland, Schweden, Dänemark, Spanien, Tschechoslowakei und ähnliche, die neben den 26 in jeder Sprache vorkommenden Buchstaben wichtige Umlaute oder Zischlaute haben, die nicht wie im Deutschen durch zwei Buchstaben klar dargestellt werden können, hatten also die Möglichkeit verloren, solche Buchstaben auf der Zeichenseite unterzubringen, um sie dann ohne Abstand in den Text einfügen zu können. Dies hätte durch Trennung der Wechselzeichen von dem Abstandzeichen erreicht werden können. Man hätte dann zwei Wechseltasten ohne Abstand und eine besondere Abstandstaste vorsehen müssen, eine Anordnung, wie sie im amerikanischen Murray-Alphabet angewendet wird, die aber 1926 vom CCIT abgelehnt worden war.

Trotzdem war im allgemeinen Einigkeit erzielt, nur Rußland hatte abgelehnt, und als nun gar England erklärte, daß es ein Springschreiber-Teilnehmernetz schaffen und dafür das Murray-Alphabet mit einer Abstandtaste anwenden wolle, um späterhin die Möglichkeit zu haben, mit dem Ausland, insbesondere mit Amerika, auf dem in Aussicht stehenden Fernsprech-Seekabel mit Tonfrequenz-Telegraphenbetrieb unmittelbar arbeiten zu können, sah sich das CCIT genötigt, die Frage der Vereinheitlichung der Alphabete für die Springschreiber von neuem zu prüfen.

[2] H. Stahl, Tel. u. Fernspr.-Techn. Bd. 19, S. 340 (1930).

Um das Ziel endlich zu erreichen, einigte man sich in Bern zunächst auf die Annahme einer besonderen Abstandstaste. Darauf wurde von deutscher Seite vorgeschlagen, ganze Arbeit zu leisten und für den Springschreiberbetrieb das Baudot-Alphabet völlig zu verlassen und an seine Stelle ein dem Murray-Alphabet möglichst nahekommendes zwischenstaatliches Einheitsalphabet zu wählen. Als dieser Vorschlag auch mit den Stimmen der am Baudot-Betrieb interessierten Länder angenommen wurde, war ein sehr bedeutsamer Schritt zur Festlegung der Telegraphierschrift einheitlich für die ganze Welt getan. Insbesondere der sich entwickelnde Teilnehmerschreibverkehr, bei dem vielfach nur mit einem Apparat möglichst auf allen Verbindungen geschrieben werden soll, wird daraus einen großen Vorteil haben. Die Festlegung der Einzelheiten wird nun so schnell wie möglich durch eine kleine Unterkommission erfolgen.

Die anderen Betriebsfragen bezogen sich auf die Abkürzung des Namens der Bestimmungsanstalt und der Zeitangabe sowie auf die Festlegung von Abkürzungen für die Dienstnotizen. Vorschriften für die Empfangsbestätigung der Telegramme im Laufnummernverfahren wurden gegeben.

C. Tariffragen.

Auf diesem Gebiet ist es naturgemäß immer am schwierigsten, eine einheitliche Stellungnahme zu erreichen, weil jede Änderung der Tarife bei den verschiedenen Verwaltungen und den beteiligten Funk- und Telegraphengesellschaften je nach ihren Verkehrsbeziehungen u. U. einen empfindlichen Gebührenausfall ergeben kann. Man versuchte sich über die verschiedenen Arten der verbilligten Telegramme zu einigen, wie NLT-, DLT- und WLT-Telegramme. Auch die allgemeine Einführung der Luxustelegramme im europäischen Betrieb wurde erörtert.

Als neue Aufgabe wurde u. a. die internationale Festlegung von Gebühren für vermietete Teilnehmerschreibverbindungen gestellt.

D. Fragen der Organisation des CCIT.

Die Schaffung eines ständigen Generalsekretariats nach dem Vorbild des CCI für Fernsprechtechnik wurde abgelehnt und weiter daran festgehalten, daß die jeweils einladende Verwaltung die Aufgabe der Vorbereitung und des Abschlusses der Tagung übernimmt. Außerdem soll das Internationale Büro in Bern zur Zusammenfassung der Arbeiten herangezogen werden.

In der Schlußsitzung wurde die Einladung der tschechischen Verwaltung einstimmig angenommen, so daß Prag der Ort der nächsten Tagung des CCIT sein wird. Der reiche Beifall, welchen der Vorsitzende Muri (Schweiz) zum Abschluß der Tagung entgegennehmen konnte, zeigte, daß diese Zusammenkunft, von der Schweiz vortrefflich organisiert, in den Räumen des Bundeshauses aufs beste untergebracht, umgeben von schneebedeckten Bergen, bei schönstem Frühlingswetter allen Teilnehmern ein köstliches Erlebnis war. H. Stahl.

II.

Leitsätze für Maßnahmen zum Schutze der Telegraphenanlagen gegen die störenden Einflüsse elektrischer Bahn- und Starkstromanlagen.

Übersicht. Im Anschluß an vorstehenden Bericht bringen wir die vom CCIT beschlossenen, in französischer Sprache abgefaßten Leitsätze über Starkstromschutz in sinngetreuer Übersetzung.

I. Einführung.

§ 1.

Die den Telegraphenanlagen benachbarten elektrischen Bahn- und Starkstromanlagen können das Personal und die technischen Einrichtungen gefährden und den Telegraphenbetrieb beeinträchtigen, wenn nicht Vorsichtsmaßnahmen getroffen werden. Diese erstrecken sich einmal auf die Ausrüstung der technischen Einrichtungen der Telegraphen-, Bahn- oder Starkstromanlagen und zum andern auf die bei Näherungen zwischen den Telegraphenleitungen und den Bahn- oder Starkstromleitungen innezuhaltenden Bedingungen.

Während es verhältnismäßig einfach ist und keiner Erörterung bedarf, schon jetzt die Grundlagen für die Mehrzahl der anzuwendenden technischen Mittel anzugeben, ist es im allgemeinen nicht möglich, die Grenzen genau festzulegen, in denen solche Mittel anzuwenden sind. Jeder neue Beitrag zum Studium der Induktions- und Influenzvorgänge, jeder Fortschritt im Aufbau der Telegraphen- und Starkstromanlagen und jede Änderung der gewöhnlichen Betriebsbedingungen der Fernmelde- und Starkstromanlagen würden überdies eine Nachprüfung der vorgeschlagenen Werte nach sich ziehen.

Es erscheint indessen nützlich, schon jetzt die Grundlinien festzulegen und einige zahlenmäßige Angaben über die Grenzen zu bringen, in denen sich die empfohlenen technischen Mittel halten müssen, um einigermaßen wirksam zu sein. In diesem Sinne sind die im Text der Leitsätze erscheinenden Zahlenangaben bestimmt worden.

Anderseits können die Leitsätze nur als Meinungsausdruck der Mehrheit derjenigen Techniker angesehen werden, die an den Arbeiten des CCIT beteiligt sind, da gewisse Verwaltungen nicht alle vorgeschlagenen Grenzwerte annehmen. Alle verwaltungstechnischen oder wirtschaftlichen Fragen und namentlich alle auf die Nachbarschaft von Fernmeldeanlagen bezüglichen Fragen der Verordnung und Gesetzgebung gehören nicht zur Zuständigkeit des CCIT und sind unberücksichtigt geblieben.

Insbesondere hat das CCIT davon abgesehen, in die Einzelheiten von Vorschriften über das von den Telegraphenverwaltungen und Starkstromunternehmungen in ihren wechselseitigen Beziehungen zu beobachtende Verfahren einzutreten.

Die vorliegenden Leitsätze beziehen sich auf eindrähtige und doppeldrähtige Telegraphenleitungen, gleichviel ob sie als Freileitungen oder in Kabeln geführt sind. Unterseekabel fallen jedoch nicht darunter.

Für Telegraphenanlagen, die wie Fernsprechanlagen gebaut und mit ähnlichen Mitteln betrieben werden (Frequenzbänder in denselben Grenzen, Stromstärke in derselben Größenordnung), sind lediglich die „Leitsätze für Maßnahmen zum Schutze der Fernsprechanlagen gegen die störenden Einflüsse der Starkstrom- oder Hochspannungsanlagen“ anzuwenden.

§ 2.

Unter der Bezeichnung „Näherung“ versteht man die gegenseitige Lage einer Telegraphenleitung und einer Bahn- oder Starkstromleitung mit merkbarem Nebeneinanderverlauf, wenn dessen Länge und der Abstand so beschaffen sind, daß das elektrische oder magnetische Feld der induzierenden Leitung imstande ist, in der Telegraphenleitung praktisch nicht zu vernachlässigende Spannungen hervorzurufen.

II. Allgemeine Maßnahmen für neue oder geänderte Einrichtungen, unabhängig vom Vorhandensein von Näherungen.

A. Maßnahmen an den Telegraphen-Einrichtungen.

§ 3.

Doppeldrähtige Telegraphenleitungen erfordern eine durchaus symmetrische Anordnung der Apparate und Stromquellen gegen Erde. Eine Leitung, die eine eindrähtige Teilstrecke enthält, welche unmittelbar (d. h. ohne Einschaltung einer Übertragung oder eines Übertragers) mit einer doppeldrähtigen Teilstrecke verbunden ist, kann nicht als Doppelleitung angesehen werden.

§ 4.

Die beiden Drähte einer Doppelleitung müssen aus gleichem Metall bestehen und gleichen Querschnitt haben. Unzulässig ist, daß die in die beiden Drähte einer Doppelleitung eingeschalteten Stromsicherungen oder sonstigen Schutzvorrichtungen verschiedenen Widerstand haben. Feste oder lösbare Verbindungen in den Leitungen und Inneneinrichtungen sind so herzustellen und zu unterhalten, daß keine schädlichen Widerstände, insbesondere durch mangelhafte Kontakte, in die Leitungen hineinkommen. Eine möglichst vollkommene Symmetrie der elektrischen Eigenschaften beider Leitungszweige gegen Erde ist anzustreben.

Wichtig ist auch, daß die Ableitung möglichst gering und in einem Leitungszweige möglichst nicht größer als im andern ist.

§ 5.

Die Betriebserdleitung einer einzeldrähtigen Leitung darf nicht in der Nähe der Schienen einer elektrischen Bahn oder der Erdung irgendeiner Starkstromanlage angelegt werden. Es empfiehlt sich, mindestens einen Abstand von 200 m zu wahren; gegebenenfalls kann es aber nötig werden, dies Maß wesentlich zu erhöhen.

§ 6.

Für sorgfältige Linienunterhaltung und schnellste Beseitigung von Fehlern, besonders von Isolationsfehlern, ist zu sorgen.

B. Maßnahmen an Bahn- und Starkstromanlagen.

a) Wechselstrom.

§ 7.

Umlaufende Maschinen sollen sowohl bei Leerlauf als auch bei beliebiger Belastung praktisch sinusförmige Spannungskurven liefern.

§ 8.

In einem mehrphasigen Netz soll die Belastung möglichst gleichmäßig auf die einzelnen Phasen verteilt sein.

Wechselstromleitungen müssen auf ihrer ganzen Länge derart verdrillt oder gekreuzt sein, daß die Spannungen zwischen jedem der Leiter und Erde soweit wie möglich gleich sind.

§ 9.

Der innere Spannungsabfall der Generatoren und Transformatoren soll zur Begrenzung des Kurzschlußstromes so hoch wie möglich sein. Gegebenenfalls kann man von zusätzlichen Induktanzspulen Gebrauch machen.

§ 10.

Die Auslösezeit aller Höchststromschalter soll so kurz sein, wie es der Selektivschutz des betreffenden Starkstromnetzes erlaubt. Insbesondere ist es erwünscht, daß die Speisepunktschalter der Bahnanlagen in weniger als 5 Perioden auslösen. Es ist ferner erwünscht, daß während dieser Zeit, wenn möglich in der ersten Periode, ein Zusatzwiderstand sich selbsttätig in die mit Kurzschluß behaftete Fahrleitung einschaltet. Diese Vorsichtsmaßregeln können gemildert werden für jeden Speiseabschnitt, der längs seines ganzen Verlaufs mit Saugtransformatoren ausgerüstet ist.

§ 11.

Um die vom Betriebsfahrstrom herrührenden Induktionswirkungen zu vermindern, sind die nicht mit Saugtransformatoren ausgerüsteten Speiseabschnitte so kurz wie möglich zu bemessen.

Aus demselben Grunde empfiehlt sich die Überbrückung der Schienenstöße durch elektrische Längsverbinder, sofern nicht eine isolierte Rückleitung verwendet wird. Das Durchverbinden der einen den Telegraphenleitungen näher gelegenen Schiene genügt.

§ 12.

Die einzelnen Speiseabschnitte der Fahrdrähte dürfen nur von den planmäßig dafür vorgesehenen Unterwerken gespeist werden, abgesehen von Fällen unbedingter Notwendigkeit. In solchen Fällen ist der Regelzustand innerhalb kürzester Frist wiederherzustellen.

b) Gleichstrom.

§ 13.

Damit Induktionsstörungen in den in der Nachbarschaft elektrischer Bahnen geführten eindrähtigen Telegraphenanlagen vermieden werden, ist darauf zu achten, daß der von den Motoren verbrauchte Strom nicht zu plötzlich geändert wird. Zu dem Zweck müssen die Regelungswiderstände ausreichend unterteilt sein.

§ 14.

Bei der bedeutenden Stärke der Kurzschlußströme kann deren plötzliche Unterdrückung in den Telegraphenleitungen Spannungen erzeugen, die die Blitzableiter zum Ansprechen und die Sicherungen zum Abschmelzen bringen. Dies ist besonders zu befürchten beim Auftreten eines Lichtbogens, der sehr schnelle Schwingungen erzeugt. Man muß daher Ausschalter verwenden, die diese Unzuträglichkeiten verhüten.

§ 15.

Für Korrosionserscheinungen sollen die Empfehlungen angenommen werden, die das CCI für Fernsprechwesen aufstellen wird.

III. Besondere Maßnahmen bei neuen Näherungen.

A. Allgemeines.

§ 16.

Im Einvernehmen der Beteiligten sind grundsätzlich die Maßnahmen zu treffen, die zugleich die technisch und die wirtschaftlich beste Gesamtlösung bilden. Dabei sollen diese Maßnahmen innerhalb technischer und wirtschaftlicher Grenzen derart durchgeführt werden, daß auch spätere Näherungen erleichtert werden.

§ 17.

Die Benutzung doppeldrähtiger Telegraphenleitungen stellt in gewissen Fällen eine den Empfehlungen des § 16 genügende Lösung dar.

§ 18.

Unter gewissen Umständen kann die Verwendung von Saugtransformatoren in einphasigen Bahnanlagen eine den Empfehlungen des § 16 nachkommende Lösung darstellen. Dies ist z. B. der Fall, wenn es sich darum handelt, eine große Zahl eindrähtiger Telegraphen- und Signalleitungen zu schützen.

Die Einschaltung der Zweitwicklung von Saugtransformatoren in isolierte Leitungen ist dem Anschluß an die Schienen vorzuziehen.

§ 19.

Da die Fahrleitungen der Wechselstrombahnen gewöhnlich von mehreren Unterwerken gespeist werden, können die die einzelnen Fahrdrahtstrecken durchfließenden Ströme von entgegengesetzter Richtung sein. Infolgedessen können sich deren Induktionswirkungen auf benachbarte Telegraphenleitungen, die im Bereich mehrerer Speiseabschnitte verlaufen, bei genügender Betriebsdichte bis zu einem gewissen Grade aufheben. Man darf annehmen, daß in diesem Falle solche Leitungen in ihrer Gesamtlänge keiner stärkeren Induktionswirkung unterliegen als derjenigen, die der am meisten beeinflussende Speiseabschnitt bringt. Bei der Prüfung geplanter Näherungen genügt es somit, jeden Speiseabschnitt für sich zu behandeln.

§ 20.

Speiseabschnitt ist bei einseitiger Fahrdrahtspeisung der Abschnitt der Fahrleitung zwischen dem Unterwerk und dem Ende der gespeisten Strecke. Für den Fall, daß eine nicht unterteilte Fahrleitung den Speisestrom von mehreren parallel arbeitenden Unterwerken erhält, liegen noch nicht so ausreichende Versuchsergebnisse vor, daß die erzeugte Induktionswirkung sicher berechnet werden könnte.

§ 21.

Man kann die Gefahren und Betriebstörungen, denen Telegraphenanlagen durch Bahn- oder Starkstromanlagen ausgesetzt sind, abwenden, wenn man zwischen beiden Anlagen genügenden Abstand wahrt und die Länge des Parallelverlaufs soweit wie möglich einschränkt.

Die nachfolgenden Regeln gestatten es, die Bedingungen zu bestimmen, unter denen Annäherung und Parallelverlauf zulässig sind, soweit es sich um Bahn- und Starkstromleitungen für Wechselstrom handelt.

B. Gefährdung.

§ 22.

Gefährdung[1] ist namentlich zu vermuten,

a) wenn die Leitungszweige einer Telegraphenanlage im Regelbetrieb der benachbarten Wechselstrombahn durch magnetische Induktion einer EMK (Längsspannung) von mehr als 60 V_{eff} unterworfen sind. In gewissen außergewöhnlichen Fällen, z. B. wenn die Beschaffenheit des Geländes oder die Bebauung es nicht zulassen, die Anlage so auszuführen, daß sie den nach obigen Erörterungen zu erwartenden Gefahren entzogen ist, erscheint es angängig, bei Berechnung der Bauentwürfe 150 V_{eff} als Grenzwert zuzulassen. In diesem Falle muß jedoch die Telegraphenlinie außergewöhnlich standfest gebaut sein und ganz besonders sorgfältig überwacht und unterhalten werden. Die Grenzwerte beziehen sich nur auf Doppelleitungen; für Einzelleitungen gelten die strengeren Bedingungen des Kapitels C, b.

b) wenn bei Erdschluß in einer Wechselstrom-Bahnleitung oder in einer Starkstromanlage mit normaler-

[1] Gefahr der Elektrisierung des in den Ämtern und an den Leitungen arbeitenden Personals.

weise geerdetem Nullpunkt oder bei Doppelerdschluß in einer Starkstromanlage ohne Nullpunktserdung während der kurzen Auslösezeit die Leitungszweige der Telegraphenanlage nach dem Abklingen der Einschwingvorgänge einer induzierten EMK (Längsspannung) von mehr als 300 V_{eff} unterliegen.

Für völlig von Erde isolierte Doppelleitungen in Luft- oder Erdkabeln, die durch Übertrager abgeschlossen sind und keine Blitzableiter zwischen Draht und Erde enthalten, beträgt der zulässige Höchstwert der bei Kurzschluß induzierten EMK 60 % des niedrigsten Werts der Durchschlagspannungen, welche die Adern gegen den Bleimantel, die Übertragerwicklungen unter sich oder gegen ihren Metallmantel und — gegebenenfalls — die Wicklungen der Pupinspulen gegen ihre Metallhülle aushalten.

Für Drei- oder Einphasenleitungen ohne Nullpunktserdung kann die bei Doppelerdschluß induzierte EMK unberücksichtigt bleiben, wenn die elektrische Festigkeit der Anlage so hoch ist, daß sie in allen ihren Teilen (Außenleitungen und Inneneinrichtungen) einer Spannung von mindestens der dreifachen Höhe der Betriebspannung (verkettete Spannung) standhält, und wenn durch besondere Überwachung gewährleistet ist, daß ein Erdschluß in weniger als drei Stunden behoben sein wird.

§ 23.

Um die durch eine elektrische Bahn im Regelbetrieb induzierte EMK bestimmen zu können, muß man die Vorgänge in jedem Speiseabschnitt betrachten.

In dem verhältnismäßig einfachen Fall einer unterteilten Fahrleitung längs einer eingleisigen Bahn, deren Einzelabschnitte durch je ein einziges Unterwerk in einem einzigen Punkte gespeist werden, kann man als ungünstigsten Fall den Verbrauch des Höchststroms durch zwei schwere Lokomotiven ansehen, die sich am Ende des Speiseabschnitts befinden.

Im Falle einer mehrgleisigen Bahn nimmt man als ungünstigste Belastung den 1,5fachen Betrag der eben bestimmten Stromstärke an.

Für den Fall einer von mehreren parallel arbeitenden Unterwerken gespeisten und nicht unterteilten Fahrleitung reichen die vorliegenden Versuchsergebnisse nicht aus, um die entstehende Induktion berechnen zu können.

Bei Berechnung der induzierten EMK kann man angesichts der ausgleichenden Wirkung der Schienen annehmen, daß der wirksame induzierende Strom beim Vorhandensein von Schienenverbindern 60 % und in sonstigen Fällen 80 % des Fahrstroms beträgt.

Bei Drehstrombahnen ist als Fahrstrom der Strom in einem Phasenleiter anzusetzen.

§ 24.

Beim Veranschlagen der im Falle eines Kurzschlusses einer Bahn- oder Starkstromleitung durch magnetische Induktion induzierten EMK wird als Kurzschlußstelle bei Bahnanlagen das Ende des Speiseabschnitts, bei Starkstromleitungen aber das dem Kraftwerk abgelegene Ende der Näherung angesehen.

Bei der Berechnung des Kurzschlußstromes sind zu berücksichtigen die Leistung der die Leitung speisenden Generatoren, die Kurzschlußspannungen und die gesamte Impedanz aller Apparate und Leitungstrecken, die zwischen dem Generator und der angenommenen Erdschlußstelle liegen.

Beim Berechnen der durch eine mit Doppelerdschluß behaftete Anlage mit isoliertem Nullpunkt erzeugten Induktion verfährt man ebenso wie bei einfachem Kurzschluß in einer Anlage mit geerdetem Nullpunkt. Dabei wird mithin unterstellt, daß eine der beiden Erdschlußstellen nahe beim Kraftwerk liege.

Wenn es sich um Starkstromanlagen handelt, kann der wirksame induzierende Strom dem in diesem Paragraphen behandelten Kurzschlußstrom gleichgesetzt werden.

Handelt es sich dagegen um Bahnanlagen, so ist es zulässig, bei Berechnung der induzierenden EMK den wirksamen induzierenden Strom zu 50 % des Kurzschlußstromes anzusetzen. Man kann nämlich in der Tat annehmen, daß die Induktionswirkungen des den Fahrdraht durchfließenden Stromes bei Kurzschluß um 50 % ihres Wertes durch den Schienenstrom vermindert werden, selbst dann, wenn keine Schienenverbinder vorhanden sind.

§ 25.

Ist eine Bahnanlage mit Saugtransformatoren ausgerüstet, so werden die vom Fahrstrom erzeugten Induktionswirkungen durch sie auf einen bestimmten Bruchteil herabgesetzt. Bei Berechnung des zulässigen Näherungsabstandes berücksichtigt man nur diesen Bruchteil.

§ 26.

Man versteht unter Parallelverlauf die gegenseitige Lage einer Telegraphenleitung und einer Bahn- oder Starkstromleitung, wenn beide überall gleich weit voneinander entfernt sind, oder wenn ihr Abstand an keiner Stelle um mehr als 5 % vom arithmetischen Mittel abweicht.

Ändert sich der Abstand einer Telegraphenleitung und einer Bahn- oder Starkstromleitung zwischen zwei Punkten stetig, so spricht man von einer schrägen Näherung. Man kann diesen Fall einem Parallelverlauf gleichsetzen, bei dem der Abstand gleich ist dem geometrischen Mittel aus den Abständen an den Endpunkten der Näherung (niedrigster und höchster Wert). Als Länge dieses Parallelverlaufs ist die Projektion der Telegraphenleitung auf die Hochspannungsleitung einzusetzen.

Bei sehr langem Parallelverlauf und großem Unterschiede zwischen niedrigstem und höchstem Abstand zerlege man die schräge Näherung in mehrere Abschnitte; deren Länge ist so zu bestimmen, daß das Verhältnis des höchsten zum niedrigsten Abstande in jedem Abschnitt nicht größer als 3 ist.

§ 27.

Die für jeden Parallelverlauf und jede schräge Näherung im Regelbetrieb und bei Kurzschluß berechneten induzierten EMKe sind zu addieren. Man berechnet sie mit Hilfe der Formel

$$e = 2 \pi f M l I.$$

Hierin bezeichnen

- e die im betrachteten Abschnitt induzierte Längsteilspannung in Volt,
- I den wirksamen induzierenden Strom in Ampere,
- f die Frequenz der Bahn- oder Starkstromanlage,
- l die Länge des betrachteten Abschnitts in Kilometern,
- M die kilometrische Gegeninduktivität zweier Einzeldrähte in Henry/km.

M hängt ab vom gegenseitigen Abstand der Leiter, von der Frequenz und von der Beschaffenheit des Geländes. Sein Wert kann den Kapiteln II und III des 3. Teiles der Leitsätze des CCI für Fernsprechwesen entnommen werden (Ausgabe 1930, S. 18 und 19, Abb. 1 und 2).

§ 28.

Sind Mantel und Bewehrung eines Telegraphenkabels gut leitend durchverbunden und öfters gut geerdet, so wird die auf die Kabeladern wirkende Induktion durch die im Mantel und in der Bewehrung induzierter Ströme wesentlich herabgesetzt. Die Verminderung der induzierten EMK hängt im besonderen ab von der Frequenz des induzierenden Stromes, vom Durchmesser und von der Bauart der Kabel. Eine Verminderung um 15 ... 50 % erscheint erreichbar.

C. Maßnahmen gegen Betriebstörungen.

a) Telegraphen-Doppelleitungen.

§ 29.

Eine völlig von Erde isolierte, den Bedingungen der §§ 3 und 4 genügende Telegraphen-Doppelleitung kann — gleichviel, mit welchen Apparaten sie betrieben wird — vor Betriebstörungen geschützt werden, wenn sie genügend oft gekreuzt oder ausreichend verdrillt ist.

b) Telegraphen-Einzelleitungen.

§ 30.

Unter den gewöhnlichen Betriebsbedingungen[2], d. h. wenn Sender und Empfänger unmittelbar mit der Telegraphenleitung verbunden sind, entsteht eine Betriebsstörung,

1. wenn in der Telegraphenleitung durch Induktion aus benachbarten Leitungen eine EMK erzeugt wird, deren Effektivwert höher ist als 5 % der Spannung der für den Telegraphenbetrieb benutzten Stromquelle.

   Diese Grenze gilt nur für den Fall, daß die Leitungslänge zwischen zwei Übertragungsämtern nicht mehr als 300 km beträgt[3].

---

[2] In sonstigen Fällen ist eine besondere Untersuchung erforderlich.

[3] Wenn die Leitungslänge zwischen zwei Übertragungsämtern mehr als 300 km beträgt, muß eine besondere Rechnung aufgemacht werden. Dabei muß man sich vergewissern, daß der Effektivwert des den Empfangsapparat durchfließenden Stromes nicht mehr als 5 % des Betriebstroms betragen kann.

2. wenn auf der Telegraphenleitung durch elektrische Influenz der benachbarten Leitungen ein Ladestrom erzeugt wird, dessen Effektivwert höher ist als 5 % des Betriebstroms.

Diese Grenze dürfte allgemein gültig sein.

Für weniger wichtige Leitungen mit Morsebetrieb und schwächerem Verkehr sind jedoch höhere als die eben angegebenen Grenzen zulässig.

§ 31.

Man vergewissere sich, daß der im § 30 unter 1. angegebene Grenzwert der induzierten EMK innegehalten wird, wenn Näherungen folgender Art vorkommen.

1. Näherung zwischen einer Telegraphenleitung und einer Wechselstrom-Bahnleitung. Bei Berechnung der induzierten Spannung ist von dem wirksamen induzierenden Fahrstrom im Regelbetrieb auszugehen (siehe § 23).
2. Näherung zwischen einer Telegraphenleitung und einer Starkstromleitung ohne Nullpunktserdung von solcher Länge, daß ihr eigener Ladestrom bei Erdschluß einer Phase eine bedeutende EMK zu erzeugen imstande ist. Dies soll indessen unberücksichtigt bleiben, wenn es sich um eine scharf überwachte Starkstromleitung handelt, so daß die Gewähr besteht, daß ein Erdschluß spätestens innerhalb von 3 Stunden beseitigt wird.
3. Näherung zwischen einer Telegraphenleitung und einer Starkstromleitung mit Nullpunktserdung, wenn deren dreizahlige Oberschwingungen genügend stark sind, um eine bedeutende EMK zu erzeugen. Indessen handelt es sich hier um Sonderfälle, die nicht Gegenstand allgemeiner Vorschriften sein können.

§ 32.

Man vergewissere sich ferner, daß der im § 30 unter 2. angegebene Grenzwert des Ladestromes auch innegehalten wird, wenn Näherungen vorhanden sind zwischen der Telegraphenleitung und

1. einer Wechselstrom-Bahnanlage oder
2. einer Starkstromanlage ohne Nullpunktserdung.

Bei der zahlenmäßigen Bestimmung der Influenzwirkung einer solchen Anlage soll angenommen werden, daß eine Phase während einiger Zeit Erdschluß habe. Wenn dies jedoch dazu führt, daß die danach berechneten Mindestabstände praktisch nicht innegehalten werden können, muß Gewähr dafür vorhanden sein, daß ein Erdschluß eines Leiters innerhalb kurzer Zeit (spätestens innerhalb von 3 Stunden) beseitigt wird.

§ 33.

Man berechnet die Stärke des durch elektrische Influenz einer Bahnanlage oder einer Starkstromanlage mit Phasenerdschluß in einer eindrähtigen Telegraphenleitung entstehenden Ladestroms nach der Formel

$$i = \frac{4{,}5}{z+2} \cdot \frac{b\,c}{a^2+b^2+c^2}\,U \cdot 2\,\pi\,f\,l \cdot 10^{-9}\ \mathrm{A}.$$

Hierin bedeuten

- U die Betriebspannung der influenzierenden Leitung (Spannung zwischen den Phasen) in Volt,
- a den Abstand zwischen beiden Leitungen in Metern,
- b die mittlere Höhe der influenzierenden Drähte über dem Erdboden in Metern,
- c die mittlere Höhe der Telegraphenleitung in Metern,
- l die Länge des Parallelverlaufs in Kilometern,
- z die Anzahl der in dem Linienzuge, in dem die Telegraphenleitung geführt ist, vorhandenen geerdeten Drähte,
- f die Frequenz.

Diese Formel ist entwickelt worden auf Grund der Betrachtungen und Berechnungen in Kapitel I des 4. Teils der Leitsätze des CCI für Fernsprechwesen.

§ 34.

Wenn es unmöglich ist, den gegenseitigen Abstand soweit zu erhöhen oder den Parallelverlauf soweit einzuschränken, daß die vorher angegebenen Grenzwerte innegehalten werden, kommen u. a. folgende Vorkehrungen in Betracht:

1. Herstellung einer völlig von Erde isolierten Doppelleitung an Stelle der Einzelleitung.

Die Länge dieser Doppelleitung kann auf die Näherungstrecke beschränkt werden. Mit den beiderseits anschließenden Einzelleitungen ist sie durch Übertragungen oder — in besonderen Fällen — durch Übertrager zu verbinden. Die Erdleitung dieser Einzelleitungen muß den Bedingungen des § 5 genügen.

2. Ausbau der Telegraphenleitung zur Doppelleitung zwischen einem Endamt und dem entgegengesetzten Ende der Näherungstrecke.

Diese Lösung ist im allgemeinen einfacher als die unter 1 angegebene, aber weniger wirksam.

Man kann nämlich zwar annehmen, daß die auf den beiden Drähten des doppeldrähtig ausgebauten Teilabschnitts induzierten Spannungen sich in ihrer Wirkung auf den zwischen beide Drähte geschalteten Empfangsapparat gegenseitig aufheben; man darf jedoch nicht übersehen, daß die Spannung, die auf dem die Endapparate verbindenden Draht induziert wird, imstande ist, in dem aus dem fernen Empfangsapparat, dem beide Apparate verbindenden Draht, der Erdkapazität dieses Drahtes und der Erde selbst gebildeten Stromkreis einen Strom zu erzeugen. Ist die Erdkapazität groß, so kann der so erzeugte Strom genügend stark werden, um eine Störung herbeizuführen.

Damit die Stärke dieses Ladungstromes innerhalb der zulässigen Grenze bleibt, darf die gesamte auf einem der Drähte induzierte EMK folgende Werte nicht überschreiten:

$$\frac{50\,000}{f\,l_1} \text{ für Freileitungen,}$$

$$\frac{10\,000}{f\,l_1} \text{ für Kabelleitungen.}$$

Hierin bedeuten

- f die Frequenz des induzierenden Stromes und
- l_1 die Länge des Doppelleitungsabschnitts in Kilometern[4].

Eine wirksamere Lösung hat sich wie folgt ergeben: Man erdet die Teilrückleitung an ihrem Ende über eine Wicklung eines angepaßten Übertragers, dessen andere Wicklung in die Hauptleitung derart eingeschaltet ist, daß die von den Fremdströmen herrührenden magnetischen Flüsse sich addieren, während die vom Telegraphierstrom erzeugten Flüsse sich aufheben.

3. Erhöhung der Telegraphierspannung möglichst soweit, wie es die Sicherheit des Personals und der technischen Einrichtungen zuläßt. Damit der den Empfangsapparat durchfließende Telegraphierstrom in annehmbaren Grenzen bleibt, ist nötigenfalls ein Zusatzwiderstand in die Leitung einzufügen oder ein Nebenschluß zum Empfänger anzubringen.

§ 35.

Über die durch Gleichstrombahnen verursachten Induktionswirkungen liegen noch keine ausreichenden Unterlagen vor. Regeln hierfür können also nicht aufgestellt werden.

---

[4] Wenn e die gesamte Längsspannung längs des die beiden Apparate verbindenden Drahtes bezeichnet, kann die EMK, die in dem aus dem fernen Endapparat, dem Telegraphendraht, seiner Erdkapazität und der Erde gebildeten Stromkreis induziert wird, gleich $\frac{e}{2}$ gesetzt werden. Hierbei wird unterstellt, daß alle Vorgänge sich so abspielen, als ob die Kapazität des Drahtes in der Mitte der doppeldrahtigen Teilstrecke zusammengefaßt wäre, und daß — wie es gewöhnlich der Fall ist — die Länge dieser Strecke ungefähr gleich dem Parallelverlauf ist.

Der Strom in dem eben erwähnten Stromkreise hat die Stärke

$$i = \frac{e}{2}\,C\,l_1 \cdot 2\,\pi\,f,$$

wo C die Kapazität der Leitung für die Längeneinheit (in Farad/km) bezeichnet.

Da man die Telegraphierstromstärke zu 20 mA ansetzen kann, darf i 1 mA nicht überschreiten.

Der Höchstwert von e beträgt somit

$$e = \frac{2}{2\,\pi\,f\,C\,l_1}\,10^{-3}\ \text{Volt.}$$

C ist in runden Zahlen bei Telegraphenfreileitungen $= 6 \cdot 10^{-9}$ F/km, bei Telegraphenkabeln dagegen $= 30 \cdot 10^{-9}$ F/km.

Setzt man diese Werte in die vorstehende Formel ein, so erhält man nach Abrundung der Zahlen als zulässigen Grenzwert der induzierten Spannung

$$\frac{50\,000}{f\,l_1} \text{ für Freileitungen und}$$

$$\frac{10\,000}{f\,l_1} \text{ für Kabelleitungen.}$$

M. B.

Eine einfache Methode zur Bestimmung des Spannungsabfalls und Stromwärmeverlustes in Niederspannungsfreileitungen für 3 · 380 V.

Von Dipl.-Ing. Billeschou Christiansen, Sdr. Ørslev (Dänemark).

Übersicht. Es wird ein Verfahren beschrieben, mit dessen Hilfe der Spannungsabfall und der Stromwärmeverlust in Niederspannungsfreileitungen für 3 . 380 V, sozusagen ohne Berechnung, in kürzester Zeit bestimmt werden können.

Die Berechnung des Spannungsabfalles[1] erfolgt gewöhnlich durch eine Annäherungsformel, deren Annäherung größer oder kleiner sein kann und doch einen ganzen Teil Rechenoperationen erfordert; meist werden verschiedene Annahmen gemacht, z. B. wird die Reaktanz konstant gleich 0,3 Ω/km oder cos φ konstant gleich 0,8 gerechnet. Nachdem die Frage über Anbringung von Kondensatoren an Niederspannungsfreileitungen zur Begrenzung des Spannungsabfalles und des Stromwärmeverlustes so aktuell geworden ist, kann man nicht mehr mit solchen Formeln rechnen und namentlich nicht mit denen, die einen bestimmten cos φ voraussetzen. Eine leichtere Methode, welche am liebsten — ganz ohne Berechnung — über den Spannungsabfall Aufschluß gibt bei jeder Kupferdimension, jeder Leitungslänge, jeder Leistung, jeder Kondensatorgröße, jedem Werte von cos φ, zeigt das Kurvenblatt Abb. 1, bei dessen Konstruktion nur die Voraussetzung gemacht ist, daß der Leitungsabstand 350 mm ist, ferner, daß es selbstverständlich Kupferleitungen sind. Es ist also auch Rücksicht genommen worden auf die mit der Leitungsdimension variierende Reaktanz.

Die Benutzung des Kurvenblattes wird am einfachsten durch folgende Beispiele gezeigt:

20 kW bei cos φ = 0,68 werden durch 600 m 25 mm²-Leitung angeschlossen. Wie groß wird der Spannungsabfall? Man geht auf dem Kurvenblatt von der waagerechten cos φ-Achse bei cos φ = 0,68 aus und geht, wie auf der strichpunktierten Linie gezeigt, bis zur ausgezogenen Kurve für 25 mm² hinauf und von hier weiter waagerecht zur Linie für 20 kW, von dort senkrecht herunter zur Linie für 600 m, wo der Spannungsabfall dann zu 33 V abgelesen werden kann. Wie auf dem Kurvenblatt angegeben, gelten die kW-Linien bei 380 V; wenn diese Spannung nicht am Verbrauchsort vorhanden ist, muß der Wert von 20 kW korrigiert werden, bevor man auf das Kurvenblatt geht. Dann geht man so vor: Die Spannung am Verbrauchsort wird geschätzt auf 360 V, so daß die 20 kW zu $20 \cdot \frac{380}{360}$ = rd. 21 kW korrigiert werden; mit diesem Wert wird also wie vorher mit 20 kW gerechnet. Man erhält dann einen Spannungsabfall von 34 V.

Wie groß wird nun der Spannungsabfall, wenn mit 12 kVA kompensiert werden soll? Man bildet das Verhältnis $a = \frac{N_b}{N_w} = 0{,}6$, geht auf dem Kurvenblatt von der senkrechten cos φ-Achse bei cos φ = 0,68 aus und folgt der strichpunktierten Linie, wobei sich ein Spannungsabfall gleich 27 V ergibt. Außerdem sieht man, daß cos φ von 0,68 zu 0,905 verbessert ist. Da man die ausgezogenen Kurven angewandt hat, ist der Strom beständig induktiv.

[1] Vgl. ETZ 1925, S. 418, 1223.

Wenn mit 28 kVA kompensiert wird, bekommt man a = 1,4 und trifft, wenn man auf das Kurvenblatt geht, die a-Kurve auf deren gestricheltem Teil; indem man noch darauf achtet, daß im vorliegenden Fall auch oben der gestrichelte Teil maßgebend ist, geht man auf gleiche Weise fort, was einen Spannungsabfall von 19 V ergibt. Daß man auf die punktierte Kurve kommt, bedeutet, daß die Kompensierung jetzt so kräftig ist, daß der Strom kapazitiv bleibt, was übrigens selten vorkommen wird.

Das Kurvenblatt kann auch benutzt werden zur Bestimmung von Stromwärmeverlust in der Leitung. Das Verfahren soll hier gezeigt werden, indem wieder die oben benutzten Zahlenwerte angewandt werden.

Abb. 1

Für die betreffende Leitung wird zuerst der Spannungsabfall für 20 kW bei cos φ = 1,0 in gewöhnlicher Weise bestimmt, und man findet den Spannungsabfall gleich 22 V.

Der geringste Stromwärmeverlust, der überhaupt erreicht werden kann, wird dann diesem Spannungsabfall gleich sein, multipliziert mit den betreffenden kW und dividiert durch die Spannung, also gleich 22 · 20 : 380 = 1,16 kW.

Wenn cos φ nicht gleich 1,0 ist, wird der Stromwärmeverlust gefunden durch Division dieser Größe durch das Quadrat des betreffenden cos φ. Man bekommt also den Stromwärmeverlust

ohne Kondensator = 1,16 : 0,68² = 2,51 kW,
mit 12 kVA „ = 1,16 : 0,905² = 1,42 kW,
mit 28 kVA „ = 1,16 : 0,95² = 1,28 kW.

Will man dieselbe Korrektion wie oben ausführen, so muß man 21 kW anstatt 20 kW gebrauchen oder die gefundenen Resultate mit $\left(\frac{380}{360}\right)^2$ multiplizieren.

Die Aufzeichnung der Kurven macht keine besonderen Schwierigkeiten, nimmt aber einige Zeit in Anspruch, da es Kurven von höherer Potenz sind. Interessenten können vom Verfasser[*] zum Preise von 4 RM eine positive Kopie des Kurvenblattes im Format 39×39 cm beziehen.

[*] Dipl.-Ing. Billeschou Christiansen, Sdr. Ørslev, Falster (Dänemark).

RUNDSCHAU.

Bahnen und Fahrzeuge.

Geschwindigkeitsregelung und Energierückgewinnung bei Gleichstrom. — Bekanntlich geht in den Anfahr- und Bremswiderständen, wie sie im Bahnbetrieb und anderen intermittierenden Betrieben mit Gleichstrom verwendet werden, beträchtliche Energie verloren. Es ist daher vielfach der Versuch gemacht worden, die Anfahrverluste auf ein Mindestmaß herabzusetzen und die im Fahrzeug aufgespeicherte kinetische Energie wieder als elektrische Energie zurückzugewinnen. Viele Systeme sind durchgebildet und bereits in der ETZ beschrieben worden[1]. Wenn sie sich bisher nicht häufiger einführen konnten, so liegt dies an ihrem Raumbedarf, am zusätzlichen Gewicht, am Preis der Hilfsapparate, am Preis der elektrischen Energie, die erspart werden soll, und nicht zuletzt an der Kompliziertheit der Schaltung.

A. della Riccia beschreibt eine Reihe solcher Systeme und vergleicht sie hinsichtlich ihrer Tauglichkeit miteinander. Das Wesentliche bei allen diesen Schaltungen ist die Regelbarkeit der Spannung, die entweder stetig oder wenigstens in genügend vielen Stufen erfolgen muß. Wird dabei eine Höchstspannung erreicht, die unter der Netzspannung liegt, so wird beim Überschalten von der letzten Stufe auf das Netz Leistungsunterbrechung mit ihren unangenehmen Begleiterscheinungen auftreten; bei der Regelungsmöglichkeit bis zur vollen Netzspannung wird dies jedoch vermieden.

Die Ward-Leonard-Steuerung[2] wird in drei verschiedenen Abarten verglichen. Das 1. System besteht aus zwei Maschinen, einem Motor, der auch ein Drehstrommotor sein kann, und einem Gleichstromgenerator, dessen Spannung von Null bis zur Netzspannung regelbar ist, und der die Triebmotoren speist. Die zweite Schaltung sieht ebenfalls zwei Maschinen vor, die aber dauernd in Reihe liegen; parallel zur ersten Maschine liegen die zu steuernden Triebmotoren; jede Maschine ist wieder von Null bis zur vollen Netzspannung regelbar. Bei der dritten Art, der doppelten Ward-Leonard-Schaltung, besteht der Satz aus vier Maschinen a, b, c, d, von denen je zwei a, b und c, d dauernd in Reihe am Netz liegen. Die zu steuernden Triebmotoren sind zwischen a und b und c und d angeschlossen. Die Regelung erfolgt symmetrisch. Bei allen drei Arten müssen infolge des großen Regelbereichs die Maschinen mit Kompensationswicklung ausgeführt werden.

Das System Boucherot — Brunswick ist der zweiten und dritten Ausführung der Ward-Leonard-Schaltung ähnlich, nur mit dem Unterschied, daß es sich bei der Leonard-Schaltung um Nebenschluß- oder fremderregte Maschinen handelt, während beim Boucherot-System[3] die Felder dauernd in Reihe mit den Ankern liegen.

Ein von Pestarini entwickeltes System gleicht in der Wirkungsweise den bisher angegebenen und soll deswegen nicht weiter behandelt werden. Das System STAR[4] besteht aus einem Nebenschlußmotor und einem Generator; letzterer wird zwischen die in Serie liegenden Triebmotoren geschaltet. Das System Seefehlner gleicht dem vorigen, verwendet aber an Stelle eines Generators deren zwei. Durch aufeinander folgende Reihen- und Parallelschaltung der beiden Triebmotoren sowie der beiden Generatoren ergibt sich eine große Stufenzahl. Die Umschaltungen mit den notwendigen Leistungsunterbrechungen bedeuten anderseits einen Nachteil.

Das System Somaini[5] unterscheidet sich von den bisherigen dadurch, daß die Spannungen der Hilfsmaschinen nicht mehr in weitem Bereich regelbar sind; die einzelnen Maschinen haben vielmehr konstante, aber verschieden abgestufte Spannungen. Das System ADR[6] umfaßt drei oder vier Hilfsmaschinen, die in Reihe geschaltet am Netz liegen; ihre Anker sitzen auf einer Welle, die Spannung eines jeden Ankers ist von Null bis 500 V regelbar.

Zum Vergleich der einzelnen Systeme untersucht della Riccia, welche mittleren und maximalen Leistungen in den Hilfsätzen während einer Anfahr- und Bremsperiode auftreten; ferner führt er eine fiktive Leistung S ein, die aus dem Produkt der maximalen Spannung mit dem mittleren quadratischen Strom gebildet wird. Die reduzierte fiktive Leistung S' berücksichtigt die Notwendigkeit, daß am Ende einer Anfahr- oder Bremsperiode die Schaltung mit Stromunterbrechung erfolgt. Die fiktive Leistung ist für die Größenabmessung der Hilfsmaschinen von großer Wichtigkeit. Einheitlich für alle Systeme wird die Untersuchung für zwei Triebmotoren durchgeführt, die an 1000 V-Netzspannung gelegt werden, wobei die Schaltung kontinuierlich in 8 und 6 Stufen erfolgen soll. Die Diagramme Abb. 1 u. 2 zeigen, wie die Leistungen sowohl der Triebmotoren als auch der Hilfssätze bei den verschiedenen Systemen während einer Anfahr- und Bremsperiode wechseln. Es zeigt sich, daß die Systeme Somaini und della Riccia (ADR) am günstigsten sind.

a) sehr große Stufenzahl (n) b) $n = 8$ c) $n = 6$
1, 2 Ward-Leonard; 3 „ „ , doppelt; 4, 5 Boucherot, einfach u. doppelt; 6, 7 Brunswick, einfach u. doppelt; 8, 9 Abarten

Abb. 1. Vergleich der maximalen (N_{max}) und der mittleren Leistung (N) des Hilfsatzes der fiktiven (S) und reduzierten fiktiven Leistung (S') für verschiedene Stufenzahlen.

a) sehr große Stufenzahl (n) b) $n = 8$ c) $n = 6$
1, 4, 8 STAR; 2, 5, 9 Seefehlner; 3, 7, 12 ADR; 6 Somaini (4 Anker); 10 Somaini (3 Anker)

Abb. 2. Vergleich der Leistungen N_{max}, N, S und S' wie in Abb. 1.

Mit letzteren konnte bei Halteabständen von 411 bis 647 m und einem Gewicht der besetzten Wagen von 35 t eine Energieersparnis von etwa 30 % erzielt werden, indem der Verbrauch von 51,1 Wh/tkm bei der normalen Regelung mit Widerständen auf 34,8 Wh/tkm beim System della Riccia zurückging. Wie an dieser Stelle schon ausgeführt wurde[7], wurde auch mit dem System Somaini bei den Versuchsfahrten in Mailand eine Leistungsersparnis

[1] Vergleichende Zusammenstellungen finden sich z. B.: ETZ 1927, S. 453, 499, 596, 712 u. 1488; 1928, S. 582.
[2] ETZ 1914, S. 458, 916.
[3] ETZ 1928, S. 1124.
[4] ETZ 1928, S. 1124.
[5] ETZ 1930, S. 181.
[6] ETZ 1928, S. 620.
[7] ETZ 1930, S. 181.

von 26,5 % erzielt, bezogen auf den Leistungsverbrauch des normal ausgerüsteten Zuges.

Welchem von diesen beiden Systemen der Vorzug gebührt, kann wohl erst entschieden werden, wenn die Sätze hinsichtlich Preis und Gewicht genau kalkuliert werden, wobei auch die Steuerung für beide Systeme berücksichtigt werden muß. (A. della Riccia, Rev. Gén. de l'El. Bd. 27, S. 449 u. 487.) *Tbr.*

Elektromaschinenbau.

Der magnetische Leitwert in der Längs- und Querachse von Schenkelpolmaschinen. — Das Verfahren der konformen Abbildung[1] zur Ermittlung des magnetischen Feldes in der Pollücke von Schenkelpolmaschinen läßt sich nur auf geometrisch einfache Formen der Pollücke anwenden, da in andern Fällen das Schwarzsche Abbildungsintegral

$$z = C \int \frac{d\zeta}{(\zeta - a_1)^{\alpha_1} (\zeta - a_2)^{\alpha_2} (\zeta - a_3)^{\alpha_3} \cdots}$$

in geschlossener Form nicht mehr lösbar ist[2]. In dieser Gleichung ist $z = x + i y$ die Koordinate der abzubildenden Pollücke (Abb. 3) und $\zeta = \xi + i \eta$ die der abgebildeten Pollücke in der Halbebene $\eta \geq 0$ (Abb. 4); in den Gleichungen

$$\alpha_1 = \frac{\beta_1}{\pi} - 1, \quad \alpha_2 = \frac{\beta_2}{\pi} - 1, \quad \alpha_3 = \frac{\beta_3}{\pi} - 1, \ldots$$

bedeuten $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \ldots$ die Winkel, die in der Umrandung der Pollücke auftreten (Abb. 3).

Abb. 3.

Abb. 5.

Zur Berechnung der an der Umrandung der Pollücke ein- und austretenden Flüsse umgeht Th. Lehmann die Integration, indem er die Abbildungen der Halbebene nur zur Festlegung der Ecken der Pollücken benutzt, die Komponenten v und p des komplexen Potentials aber in einer dritten Ebene $\psi = v + i p$ (Abb. 5) abbildet. Der Fluß zwischen zwei Ecken, z. B. A_1 und A_2 in der z-Ebene, wird dadurch bestimmt, daß man in der Abbildung die Differenz $p_{a_1} - p_{a_2}$ der konjungierten Potentiale bildet, die zu den Punkten a_1 und a_2 der Halbebene $\zeta = \xi + i \eta$ gehören, in der die Ecken der Pollücke abgebildet sind, und denen die Ecken A_1 und A_2 in der Pollücke (z-Ebene) entsprechen.

Abb. 4.

Nach diesem Verfahren werden die Leitwerte des Querfeldes und Längsfeldes unter verschiedenen Annahmen ermittelt und miteinander verglichen. Die magnetische Spannung im Eisen wird vernachlässigt, ihre Berücksichtigung aber in einem kurzen Abschnitt angedeutet.

Fall 1. Zunächst wird der Fall betrachtet, daß der Teil des Polbogens, in dem der Luftspalt konstant ist, unendlich groß ist (Abb. 3). Das Querfeld (für diesen besonderen Fall gilt Abb. 5) wird durch eine Spule mit konzentrierten Durchflutungen an der Ankerbohrung (Punkt A_0 in Abb. 3) erregt, das Längsfeld ebenfalls durch eine Spule mit konzentrierten Durchflutungen, die sich in den Mitten der Pollücke unmittelbar am Joch befinden (Punkt A_2 in Abb. 3). Die Differenz der am Ankermantel eintretenden Flüsse ergibt sich bei denselben Durchflutungen Θ zu $\frac{\Theta}{\pi} \ln 4$, u. zw. unabhängig von der Polform.

[1] Vgl. ETZ 1924, S. 1037.

[2] Vgl. Frey, Anwendung der konformen Abbildung auf praktische Probleme des Elektromaschinenbaus, Arbeiten a. d. El. Inst. der T. H. Karlsruhe Bd. 4.

Fall 2. Es wird hierauf der Fall eines zylindrischen genuteten Ankers untersucht. Das Querfeld wird durch eine am Grunde der Nut liegende Durchmesserspule erzeugt, das Längsfeld wie im ersten Falle. Dann ist bei gleichen Durchflutungen der Querfluß genau gleich dem Längsfluß. Die Leitwerte selbst können nach einer früheren Arbeit des Verfassers[1] berechnet werden.

Fall 3. Unter der Annahme, daß das Querfeld durch Sehnenspulen erregt wird, deren Spulenseiten noch in dem Teil des Polbogens liegen, längs dessen die Luftspaltbreite konstant ist und die Verkürzung der Spulenweite nicht kleiner als die dreifache Luftspaltbreite ist, ergibt sich die Differenz zwischen dem durch die Spulen tretenden Querfluß und dem durch sie tretenden Längsfluß (Erregung wie im ersten Falle) zu $\frac{\Theta}{\pi} \ln 4$.

Fall 4. Wird das Längsfeld durch eine Durchmesser- oder Sehnenspule im genuteten Anker erzeugt, so ist der Fluß, der mit dieser Spule verkettet ist, gleich dem Fluß durch dieselbe Spule, wenn der Feldmagnet durch eine Spule wie im Fall 1 erregt wird.

Fall 5. Schließlich wird der Fall behandelt, daß zwei Längsspulen in die Ankernuten eingebettet sind, von denen die eine Durchmesser-, die andere Sehnenspule ist. Bei gleichen Durchflutungen ist der Fluß, den die Sehnenspule durch die Durchmesserspule schickt, gleich dem Fluß, den die Durchmesserspule durch die Sehnenspule schickt. Der von der Sehnenspule erregte und mit der Durchmesserspule verkettete Fluß ist größer als der in den Feldmagneten eintretende Fluß, u. zw. ist der Überschuß von der Polform abhängig.

Über die Feldkurve selbst gibt die Arbeit keinen Aufschluß. Die Untersuchungen gelten für den gesamten Fluß, während für das Verhalten der Maschinen im wesentlichen die Grundwellen der Flüsse maßgebend sind und die Oberwellen getrennt behandelt werden müssen. Den Ergebnissen der Untersuchungen, so beachtenswert sie auch sind, scheint deshalb keine unmittelbare praktische Bedeutung zuzukommen. (Th. Lehmann, Rev. Gén. de l'El. Bd. 29, S. 417.) *R. R.*

Beleuchtung.

Die II. Lichttechnische Konferenz in Moskau. — Im Dezember 1929 hat in Moskau die II. Allunions-Lichttechnische Konferenz stattgefunden, über die noch nachträglich berichtet sei. Die Konferenz war durch die Technisch-Wissenschaftliche Verwaltung des Obersten Volkswirtschaftsrates der UdSSR organisiert und wurde von rd. 250 offiziellen Vertretern verschiedener russischer Anstalten und Gesellschaften besucht[2]. Zum Vorsitzenden der Konferenz wurde Prof. M. Chatelain gewählt, ins Ehrenpräsidium die prominenten Mitglieder der Sowjetregierung. Zweck der Konferenz war die Besprechung einer Reihe von Fragen betreffend die Wirtschaftlichkeit der Beleuchtung, Projektierung von Lichtanlagen, Erzeugung von Lichtquellen und der zugehörigen Armaturen, Erziehung von Spezialisten auf dem Gebiete der Lichttechnik, die technisch-wissenschaftliche Propaganda der Lichttechnik, Normung und lichttechnische Terminologie. In Anbetracht der kurzen Dauer der Konferenz von fünf Tagen wurden 56 von den 80 eingelaufenen Vorträgen fünf Sektionen überlassen: 1. Physiologie des Sehens, 2. Lampen und Lichtquellen, 3. Rationalisierung der Beleuchtung, 4. Normung und Terminologie, 5. Lichttechnische Ausbildung von Fachleuten, Propaganda.

Prof. Lapiroff-Skoblo berichtete über „Die Grundprobleme der Lichttechnik im Fünfjahrplan der Volkswirtschaft" und führte nachstehende Zahlen an: Der Bedarf an elektrischer Energie für Lichtzwecke in Moskau erhöhte sich von 25,5 Mill kWh im Jahre 1913 auf 119,5 Mill kWh in den ersten 9 Monaten 1928/29; in Leningrad von 32,2 Mill kWh auf 90,9 Mill kWh usw. Bis 1932/33 wird eine Erhöhung des Strombedarfes erwartet: für Beleuchtung bei der Industrie von 211 Mill kWh auf 1000 Mill kWh, bei der Bevölkerung von 375 Mill kWh auf 1019 Mill kWh, bei der Kommunalwirtschaft bis 320 Mill kWh, bei der Landwirtschaft bis 70 Mill kWh, beim Verkehr bis 50 Mill kWh usw. Die gesamte Lichtbelastung im Wirtschaftsjahr 1932/33 wird nach dem Fünfjahrplan mit 3657 Mill kWh angenommen.

In diesem Zeitraum dürfte sich die Energieerzeugung durch die Werke des Allunions-Elektrotechnischen Ver-

[1] Rev. Gén. de l'El. Bd. 26, S. 477 u. 521.

[2] Vgl. Elektritschestwo 1930, Nr. 11 ... 12.

bandes" im Werte von 16,091 Mill Rubel im Jahre 1928/29 auf 76,118 Mill Rubel im Jahre 1932/33 erhöhen. Diese Steigerung der Energieerzeugung des Allunions-Verbandes wird durch die Erbauung eines „Werke-Kombinates" in Moskau und seiner Filialen in Leningrad, Charkow, Odessa, Nowosibirsk und Samara erreicht. Die außerordentliche Entwicklung der lichttechnischen Industrie erklärt sich durch den erhöhten Bedarf an Licht infolge der eingeführten ununterbrochenen Arbeit innerhalb 24 h in den Industrieunternehmungen, bei der Feldarbeit, infolge der Rationalisierung der Maschinenbau- und metallurgischen Werke, der Beleuchtung für den Luftschiffverkehr usw.

Ein zweiter Vortrag behandelte das Thema „Die Entwicklung der lichttechnischen Industrie in Verbindung mit der allgemeinen Entwicklung der elektrotechnischen Industrie". Das erwähnte Moskauer Kombinat, für welches viele Einrichtungsgegenstände in Bestellung gegeben wurden, wird folgende fünf Werke umfassen: 1. Fabrik für Scheinwerfer, die nach Beendigung des Fünfjahrplanes den gesamten Bedarf für Rußland decken soll, 2. Glühlampenfabrik mit einer jährlichen Erzeugung von 60 Mill Lampen, 3. Fabrik zur Herstellung von Wolfram- und Molybdändraht, 4. Lampenarmaturenfabrik mit einer Erzeugung nach fünf Jahren im Betrage von 42 Mill Rubel und 5. Fabrik für Glashalbfabrikate. Die Gesamtsumme der Erzeugungen soll jährlich 616 Mill Rubel betragen. Die in Aussicht genommenen Filialwerke in der Provinz sollen kompliziertere Halbfabrikate vom Zentralwerk erhalten.

Der nächste Vortrag betraf das Thema: „Die Perspektiven in der Entwicklung der Erzeugung von Beleuchtungsarmaturen innerhalb des Fünfjahrabschnittes". Der Bedarf an Beleuchtungsarmaturen beträgt im Jahre 1929/30 3,38 Mill Stück und dürfte sich 1932/33 auf 8,58 Mill erhöhen. Die einzige Spezialfabrik „Elektroswet" in Moskau wird aber höchstens 6,916 Mill Stück in diesem Zeitabschnitt liefern können. Die Konferenz fordert daher die „Hauptverwaltung der Elektrotechnik" auf, diesen Umstand zu berücksichtigen.

Aus den Vorträgen über die „Lage der Glühlampenindustrie" geht hervor, daß viele Schwierigkeiten zu bekämpfen sind. In Rußland werden 16 Typen von Glühlampen erzeugt, und es wurde bei den Vakuumlampen eine wesentliche Abweichung von der Standardlampe in bezug auf Lichtstärke und bei gasgefüllten in bezug auf Lichtstrom, namentlich bei 220 V-Lampen, beobachtet. Was die Lebensdauer betrifft, so sind erstere einwandfrei und übertreffen sogar die Norm, letztere lassen zu wünschen übrig. Die Konferenz faßte den Beschluß, eine genügende Anzahl von Spezialisten in der Glühlampenerzeugung für Lampenfabriken und für wissenschaftliche Forschunginstitute heranzuziehen.

Bezüglich der Lichtstromtarife wurde festgestellt, daß sie im allgemeinen zu hoch sind und die Entwicklung der Lichttechnik behindern. Dann wurde die Frage über die zulässige Spannungschwankung im Lichtnetz erörtert und die Ausarbeitung von Normen hierfür ins Auge gefaßt.

In einem Vortrag über die „Wirtschaftlichkeit der natürlichen Beleuchtung" wird darauf hingewiesen, daß die Einrichtungs- und Betriebskosten einer guten natürlichen Beleuchtung sehr hoch zu stehen kommen und daß deren hygienische Vorteile beim Übergang zur mehrschichtigen Arbeit sich vermindern. Der Berichterstatter schlägt vor, erst lichtklimatische Studien in der UdSSR vorzunehmen, um einheitliche lichtklimatische Charakteristiken zu erhalten. Die Konferenz empfiehlt ferner, spezielle wissenschaftliche Forschungen auf dem Gebiete der Lichtbiologie zwecks biopsychologischer Bewertung des Tages-, gemischten und künstlichen Lichtes vorzunehmen.

Der nächste Berichterstatter entwickelte das obige Thema in seinem Vortrag „Organisation eines Netzes von Forschungspunkten zum Studium des Lichtklimas der UdSSR" und über das „Photoelektrische Registrierphotometer zur Erforschung der natürlichen Belichtung und über den täglichen und jährlichen Verlauf der Belichtung mit zerstreutem Atmosphärenlicht". An letzterer Aufgabe wird seit dem Jahre 1922 im Geophysikalischen Hauptlaboratorium in Sluzk gearbeitet. Das Photometer registriert dort seit dem Jahre 1925, und das zur Verfügung stehende fünfjährige Beobachtungsmaterial, das anderswo kaum zu finden sein wird, ist von großem Wert. Es wurde dann der Beschluß gefaßt, ähnliche Beobachtungs- und Forschungspunkte in anderen Städten Rußlands zu organisieren.

Im Vortrage über den „Einfluß der Beleuchtung auf die Arbeitsleistung der Weber" wird interessantes Material über Rationalisierung der künstlichen Beleuchtung in der Textilfabrik „Rote Fahne" im Moskauer Gouvernement angeführt. Die Erhöhung der mittleren Beleuchtung von 12 Lux auf 80, obwohl mit wesentlich gesteigerten Betriebskosten der Beleuchtungsanlage verbunden, ergab eine Steigerung der Arbeitsleistung, Verringerung des Ausschusses und eine Ersparnis an allgemeinen Umlagen von 2,31 % je 1 m Gewebe. Die Arbeitsleistung der Weber an Tagschichten in den mittleren Trakten der Webereiräume erwies sich um 4,83 % geringer als die in den Nachtschichten bei rationeller Beleuchtung.

„Über Beleuchtung unter Tag." Es wird auf die ungenügende Beleuchtung in Bergwerken hingewiesen. Dies erklärt sich aus mangelhaftem Studium der Arbeitsbedingungen unter Tag, worüber es überhaupt keine speziellen Vorschriften gibt, aus Mangel an geeigneten Leuchten und aus den natürlichen Schwierigkeiten der Einrichtung rationeller Lichtanlagen in Bergwerken.

„Über Beleuchtung im Verkehr." Die Wichtigkeit der rationellen Beleuchtung auf allen Gebieten des Verkehrs wird hervorgehoben. Laut Beschluß der Konferenz soll diese Frage einem wissenschaftlichen Studium unterzogen werden.

Die Delegierten der Institute für „Hygiene der Arbeit" und „Technik der Gefahrlosigkeit" berichteten über „Beleuchtung von Fabriken und Werkstätten sowie sonstigen Arbeitsräumen". Die Konferenz beauftragte die „Assoziation der Lichttechnischen Laboratorien" mit der Ausarbeitung von Vorschriften betreffend Verhinderung der Bildung von blendenden Lichtreflexen an beleuchteten Arbeitstücken, Gefahrlosigkeit der Lichtanlagen, Normen der Beleuchtung für Präzisionsarbeiten und sehr dunkler Arbeitsflächen sowie Normung der Beleuchtung verschiedener einzelner Erzeugnisse. Diese Vorschriften sollen dann dem Volkskommissariat für Arbeit zur endgültigen Bearbeitung und Genehmigung vorgelegt werden.

Betreffs der rationellen Spannung der Lichtnetze wurde die von 220 V einerseits bestritten, anderseits jedoch, als im Betriebe billiger als 120 V, empfohlen. Die Konferenz faßte keinen diesbezüglichen Beschluß und empfahl in jedem einzelnen Falle, das Netz einer sorgfältigen Berechnung zu unterziehen.

Zur Charakteristik der Qualität der Beleuchtung wird die Einführung einiger neuer Einheitsgrößen empfohlen: räumliche Dichte der Lichtenergie, mittlere sphärische Beleuchtung, mittlere halbsphärische Beleuchtung, mittlere vertikale Beleuchtung, Koeffizient der mittleren halbsphärischen Beleuchtung und Lichtvektor. Die Konferenz hält es für wünschenswert, den Begriff der „mittleren halbsphärischen Beleuchtung bei natürlicher Beleuchtung" einzuführen und praktische Studien über die mittlere halbsphärische Beleuchtung bei künstlicher Beleuchtung" vorzunehmen.

Des weiteren wurde das Projekt der Vorschriften über „Beleuchtung in Lehranstalten, natürliche und künstliche", genehmigt, desgleichen über „Künstliche Beleuchtung in Heilanstalten". Die Konferenz erklärt sich jedoch für Anfertigung von „Spezialleuchten für Operationssäle". Ferner wurden auch die „Vorschriften für Straßenbeleuchtung" genehmigt und über die Frage der „Beleuchtung in elektrischen Kraft- und Umspannwerken" verhandelt.

Zum Schluß wurde nochmals die Frage der Ausbildung von Lichttechnikern eingehend erörtert, denn die vorhandenen Kräfte werden qualitativ den hohen Aufgaben der starken Entwicklung der Lichttechnik nach vollzogenem Fünfjahrplan nicht mehr gewachsen sein. Es wurde von der Konferenz beschlossen, daß in erster Linie in den Technischen Hochschulen in Moskau und Leningrad Spezialabteilungen für Lichttechnik gegründet werden sollen, in welchen die Studierenden neben allgemeinen elektrotechnischen Kenntnissen eine spezielle umfassende Ausbildung in der Lichttechnik erhalten. Es sollen zu diesem Zweck in diesen Hochschulen entsprechende Laboratorien errichtet und die vorhandenen lichttechnisch-wissenschaftlichen Forschungsinstitute sowie Fabriklaboratorien ausgenutzt werden. Ähnliche Ausbildungstätten sollen in denjenigen Städten errichtet werden, in welchen Filialen des lichttechnischen Kombinats vorgesehen sind.

Auf diese Weise will sich Sowjetrußland Schritt für Schritt von der übrigen Kulturwelt sowohl im Sinne der Belieferung als auch der technischen Hilfe gänzlich emanzipieren. (Elektritschestwo 1930, Nr. 11 ... 12.) *Ad. B.*

Heizung. Öfen.

Zur Physik des elektrischen Kochens. — Aus der Erfahrungsziffer, daß ein Haushalt im Mittel 1500 kWh/Jahr für Kochzwecke verbraucht, und dieser Konsum nahezu vollkommen „konjunktursicher" ist, leitet F. Lauster in „Forschung und Technik" die Wichtigkeit der Erschließung der Haushalte für den Verbrauch an Kochstrom ab. Die eine Zeitlang überschätzte Beachtung der Vitaminerhaltung beim Kochen wird auf das richtige Maß zurückgeführt; es wird darauf verwiesen, daß langanhaltendes Kochen mit Wasserüberschuß Nährsalze unzulässig stark auslaugt; so z. B. verlieren Kartoffeln, wenn sie ungeschält gedämpft werden, 1,17 % ihrer Mineralstoffe, werden sie geschält gekocht, deren 28,86 %.

Nach der Feststellung, daß zur Erzeugung von Elektrowärme für Kochzwecke nach dem heutigen Stande der Technik praktisch nur die irreversible Wärmeerzeugung nach dem Jouleschen Gesetz in Frage kommt, gibt Lauster die spezifischen Wärmen verschiedener Lebensmittel mit im Durchschnitt 0,75 an, was mit dem hohen Wassergehalt der Lebensmittel erklärt wird. Die Tatsache, daß für das Garkochen von 1,5 kg Rindfleisch theoretisch 0,13 kWh genügen, wird erwähnt[1]. Dem Ziele erhöhter Wirtschaftlichkeit strebt Lauster auf drei Wegen zu: 1) durch Wärmeisolation des Kochraumes, 2) durch Steuerung der Fortkochenergie und 3) durch gute Führung des Wärmeflusses. Die Stromersparnis des AEG-Sparkochherdes infolge Isolierung des Kochraumes wird im Vergleich mit dem offenen Kochen auf Kochplatten zu 40 % angegeben. Der in dem „Sparherd" eingebaute Temperaturregler steuert thermisch richtig die Fortkochenergie, er wird mathematisch behandelt (Bedingungen für das Erlöschen des Lichtbogens bei Gleichstrom), seine Zuverlässigkeit wird durch kinematographische Aufnahme des Abreißens des Öffnungsfunkens mit Hilfe des Zeitdehners (800 Bilder/s) nachgewiesen. Gute Führung des Wärmeflusses wird durch Messung der Unebenheiten an Kochplatten und Gefäßen bei Temperaturen zwischen 20 und 450 ° C untersucht. Demzufolge ergibt sich der mittlere, im ungünstigsten Falle vorkommende Luftspalt zu 0,58 mm und die daraus resultierende Verschlechterung des Wirkungsgrades zu 20 %; dieser Wert entspricht genau der Ziffer, welche der Berichterstatter unter Anwendung der Verdampfungsmethode für 0,5 mm Luftspalt gefunden hat[2]; der Unterschied zwischen 0,58 und 0,50 mm ist zwanglos dadurch erklärt, daß Lauster die Ankochmethode, der Berichterstatter die Verdampfungsmethode angewendet hat. Es sei noch bemerkt, daß Lauster, wenn er von „erhöhten Temperaturen der Kochplatten" spricht, damit die vergrößerte Eigenkapazität der Platten meint, welche bekanntlich bei Störungen des Wärmeüberganges die Wirtschaftlichkeit ausschlaggebend beeinflußt[3].

Die ebenso interessante wie wertvolle Arbeit schließt mit der zu Recht betonten Wichtigkeit des Kochens im geschlossenen Raume, das die Wirtschaftlichkeit hebt und bekanntlich den schädlichen Einfluß deformierter Platten und Topfböden nahezu völlig aufhebt. (F. Lauster, Forschung und Technik, Mitt. d. AEG-Forschungsinst. S. 406.) *Oki.*

Hochspannungstechnik.

Ionisierte Meßfunkenstrecke. — Ausgehend von einer Arbeit von Rogowski und Tamm[4] untersuchten Cauwenberghe und Marchal den Einfluß eines in die eine Elektrode eingebauten Radiumpräparates in bezug auf die Verminderung der Fehlerstreuung bei den Messungen mit der Funkenstrecke. 0,5 mg Radium wurden in die kalottenförmige Elektrode eingebaut und die Fehlerstreuung dadurch gegenüber einer Messungsreihe ohne Radiumeinbau auf den 50. Teil gebracht; der Einbau eines Radiumpräparates von 10 mg brachte keine weitere Verbesserung. Die zum Vergleich ausgeführte Bestrahlung mit einer Bogenlampe ergab eine Verminderung der Fehlerstreuung auf den 25. Teil. Die Beobachtungen sind aber nur bei etwa 8000 V durchgeführt, und da mit höherer Spannung die Fehlerstreuung an sich geringer wird, ist eine weitgehende Anwendung nicht zu erwarten. Anschließend wird dann noch auf Einbau und Anwendung ionisierter Funkenstrecken und Blitzableiter in Schaltungen zum Studium und Schutze bei Wanderwellen und Überspannungen eingegangen[1]. (R. van Cauwenberghe u. G. Marchal, Rev. Gén. de l'El. Bd. 27, S. 331.) *Schö.*

[1] Der Umstand jedoch, daß das Garkochen dieser Fleischmenge praktisch 0,8 ... 1,2 kWh erfordert, verdient ernsteste Beachtung, hier könnten Studien betreffend Hebung der Wirtschaftlichkeit des elektrischen Kochens mit Aussicht auf umwälzende Erfolge einsetzen. Anm. des Berichterstatters.

[2] Neue Erkenntnisse betreffend den Wärmeübergang bei elektrischen Kochplatten. ETZ 1931, S. 269.

[3] Es sei aber auch hier wieder darauf hingewiesen, daß es auch möglich ist, die Verluste bei „Führung des Wärmeflusses" dadurch wesentlich zu beeinflussen, daß man die Wärmeleitung durch die Wärmestrahlung ersetzt.

[4] Rogowski u. Tamm, Arch. El. Bd. 20, S. 107 (1928).

[1] Als Literatur seien noch genannt: Draeger, Arch. El. Bd. 13, S. 382 (1924). Burawey, Arch. El. Bd. 16, S. 215 (1926).

Werkstatt und Baustoffe.

Kneifmutter. — Da bei der Montage und im Betrieb Schrauben ohne weiteres übermäßig angezogen werden können, so daß die zulässige Beanspruchung und die Elastizitätsgrenze überschritten werden, gibt E. Schneckenberg in der Schweizerischen Technischen Zeitschrift für Kopf- und Bolzenschrauben eine Mutter an, die in ihrer ganzen Länge 1 ... 2 mm breit aufgeschnitten ist, sich bei vorgeschriebener Belastung am Bolzen festkneift und auf diese Weise die erzeugbare Längskraft in ihm begrenzt. Ist die zulässige Nutzbeanspruchung auf Zug im Schraubenkern erreicht und dreht sich der Kopf der Schraube auf seiner Auflagefläche mit, so ist die außer dieser Nutzbeanspruchung noch auftretende Drehbeanspruchung des Schaftes begrenzt und aus dem Reibungsmoment zwischen Kopf und Auflagefläche zu berechnen. Für eine 1"-Schraube ergibt sich z. B. eine Drehbeanspruchung von 294 kg/cm², so daß man mit einer zulässigen Nutzbeanspruchung auf Zug von 475 kg/cm² auf eine Gesamtbeanspruchung von 702 kg/cm² kommt. Es ergibt sich also bei einer Festigkeit des Flußstahls von $k_z = 4000$ kg/cm² eine 5,7fache Sicherheit gegen Bruch.

Abb. 6. Kneifmutter.

Die Kneifmutter besitzt auch Selbstsicherung gegen Lösung, so daß bei ihr die Verwendung von Sicherungsblechen, Splinten usw. überflüssig ist. Sie kann in allen Qualitäten, auch halbblank, halbroh oder roh hergestellt werden, ohne daß Unterschiede in der Wirkung auftreten. Es ist zu beachten, daß auch ein roher Konus die Wirkung nicht beeinträchtigt; der Konus hat lediglich den Zweck, die Mutter beim Auftreten der Zugkraft im Schaft zu zwingen, sich zusammenzubiegen. Dazu braucht der Konus im Ring gar nicht sehr genau auf den Konus der Mutter zu passen. Die Mutter wird hergestellt von der S. A. des Ateliers Gamain, Lüttich, und ist u. a. von der belgischen Staateisenbahn und den Cockerillwerken, Seraing, erfolgreich verwandt worden. (E. Schneckenberg, Schweiz. Techn. Z. 1931, S. 57.) *Ka.*

Verschiedenes.

Wirtschaftsprüfung. — Wir hatten in Deutschland geglaubt, ohne einen Stand der „chartered accountants" auskommen zu können, obwohl die Berührung mit dem Auslande auf den verschiedensten Gebieten gezeigt hat, welch wichtiges Glied der „Wirtschaftsprüfer" im ausländischen Wirtschaftsleben ist. Bemühungen nach der Schaffung solcher Wirtschaftsprüfer, die von den Treuhand- und Revisions-Gesellschaften und Bücherrevisoren ausgingen, scheiterten an der Uneinigkeit unter den verschiedenen an der Bildung des neuen Berufs interessierten Berufsgruppen. Da zwangen der Zusammenbruch der Frankfurter Allgemeinen Versicherungsgesellschaft und die Vorkommnisse bei den Betrieben der Stadt Berlin den Staat, seine Aufmerksamkeit den Dingen zuzuwenden, u. zw. in doppelter Richtung. Seitens Preußens wurde die Schaffung eines besonderen Standes der Wirtschaftsprüfer angeregt, und seitens des Reichs wurde der Gedanke der Pflichtrevision für die Aktiengesellschaften und Kommanditgesellschaft auf Aktien zu verwirklichen versucht. Daneben wurde vom Reich der Gedanke der Pflichtrevision für die kommunale Haushaltsgebarung ähnlich der durch Rechnungshof und Oberrechnungskammer zur Erörterung gestellt, während von Preußen erwogen würde, die Pflichtrevision für die kommunalen Betriebe ähnlich der für die Betriebe der Privatwirtschaft vorzuschreiben.

Die Entwicklung der letzten Monate zeigt, daß der Stand der Wirtschaftsprüfer und die Pflichtrevision, die beide voneinander abhängen, so schnell wie möglich geschaffen werden müssen. Bei der Schaffung des neuen Standes müssen nicht nur Kaufleute und

Volkswirte, sondern auch Techniker und Juristen mitwirken. Die Pflichtrevision ist bei den Versicherungsgesellschaften schon reichsgesetzlich angeordnet. Die Anordnung der Pflichtrevision für die Aktiengesellschaften und Kommanditgesellschaft auf Aktien steht unmittelbar bevor. In § 120 des Entwurfs der Aktienrechtsreform heißt es, daß der Jahresabschluß der Gesellschaft unter Einbeziehung der zugrunde liegenden Buchführung und des Geschäftsberichts durch einen oder mehrere sachverständige Prüfer (Bilanzprüfer) zu prüfen ist, bevor der Jahresabschluß der Hauptversammlung zur Beschlußfassung vorgelegt wird. Die Bilanzprüfer sollen sich nicht darauf beschränken, zu untersuchen, ob der Jahresabschluß äußerlich sachgemäß aufgestellt ist und mit der Inventur und den Geschäftsbüchern übereinstimmt, sondern er hat sich auch auf die Anwendung der Vorschriften über den Inhalt des Geschäftsberichts und des Jahresabschlusses sowie die Wertansätze in der Jahresbilanz, auf die Gliederung der Jahresbilanz und der Gewinn- und Verlustrechnung sowie die gesetzliche Rücklage zu erstrecken. Danach hat der Bilanzprüfer eine sehr umfassende und verantwortungsvolle Tätigkeit, die nur dem öffentlich bestellten Wirtschaftsprüfer anvertraut werden kann.

Die Bestellung der ersten Wirtschaftsprüfer steht unmittelbar bevor. Sie erfolgt in einem glücklichen Zusammenwirken zwischen Staat, Wirtschaft und dem Beruf der Wirtschaftsprüfer, wie er durch das Institut für das Revisions- und Treuhandwesen vertreten wird. Auch die Kommunen und die Wissenschaft wirken bei der Bildung des neuen Standes mit. Seine rechtliche Grundlage findet er im § 36 der Gewerbeordnung, der durch die zweite Notverordnung des Reichspräsidenten vom 5. VI. d. J. eine entsprechende Umgestaltung erfahren hat. Danach sind die Länder die gesetzlichen Träger der neuen Einrichtung. Damit aber die Entwicklung in den Ländern nicht verschieden läuft, haben sie sich unter der Führung der Reichsregierung auf „Grundsätze für die öffentliche Bestellung von Wirtschaftsprüfern" verständigt, bei deren Durchführung der bei dem Deutschen Industrie- und Handelstag gebildeten „Hauptstelle für die öffentlich bestellten Wirtschaftsprüfer" eine besonders wichtige Aufgabe zufällt[1]. Ihr liegt es nämlich ob:

a) Grundsätze für die zur Durchführung dieser Vereinbarung erforderlichen einheitlichen Bestimmungen vorzuschlagen;
b) auf die einheitliche Durchführung und Handhabung dieser Bestimmungen hinzuwirken.

Da in der Hauptstelle neben Vertretern der Wirtschaft, Technik und Wissenschaft auch Kommissare des Reichs und der Länder mitwirken, so dürften ihre Vorschläge, von denen schon jetzt die Satzung, die Zulassungsbedingungen, die Prüfungsordnung sowie die Richtlinien für Errichtung und Verfahren der Zulassungs- und Prüfungsstellen vorliegen, im allgemeinen die Zustimmung der Länderregierungen finden.

Diese etwas schwierige Konstruktion war nötig, weil ohne ein Reichsgesetz eine einheitliche Regelung in Deutschland sichergestellt und ein Zusammenarbeiten zwischen Staat, Wirtschaft und Beruf erreicht werden sollte. Der Unterbau der Hauptstelle ist in den Zulassungs- und Prüfungsstellen geschaffen, die zugleich Organe der Länderregierungen sind. In Preußen sind solche Stellen in Königsberg, Breslau, Berlin, Münster i. W., Köln und Frankfurt a. M. eingerichtet. Bayern will solche in München und Nürnberg schaffen, Sachsen in Leipzig. Ebenso werden Württemberg in Stuttgart, Baden in Mannheim und Hamburg Zulassungs- und Prüfungsstellen einrichten, so daß im ganzen 12 Stellen vorhanden sein werden, die z. T. ihre Tätigkeit schon aufgenommen haben. Auch hierbei ist der Technik der ihr gebührende Einfluß gesichert.

Insbesondere hat die Zulassungs- und Prüfungsstelle Berlin ihre Organisation abgeschlossen und außer einer Geschäftsordnung des Zulassungsausschusses „Vorschriften für Bewerber um die öffentliche Bestellung als Wirtschaftsprüfer" herausgegeben; ferner liegen von ihr „Vorschriften über die Meldung von Revisions- und Treuhandgesellschaften zur Eintragung in die Liste der Gesellschaften, die die Wirtschaftsprüfertätigkeit ausüben wollen", vor; auch Formulare für Fragebogen, betreffend die Meldung von Revisions- und Treuhandgesellschaften sowie betreffend Auskunftschreiben über Anwärter und schließlich „Verfahrensvorschriften für die Bewerbung um die öffentliche Bestellung als Wirtschaftsprüfer" sind von der Zulassungstelle Berlin herausgegeben. Mit dem Beginn der praktischen Arbeit kann deshalb in Berlin in allernächster Zeit gerechnet werden. Aber auch die fünf übrigen preußischen Zulassungs- und Prüfungstellen, und darunter die beiden zuletzt eingerichteten Münster und Breslau, sind in ihren Vorbereitungen so weit vorgeschritten, daß die praktische Arbeit nicht mehr allzu lange auf sich warten lassen dürfte.

Dr. Frielinghaus, Ministerialrat, Berlin.

[1] Infolge der Gründung dieser Hauptstelle hatte der Deutsche Verband Technisch-Wissenschaftlicher Vereine, dem bekanntlich auch der VDE angehört, im Juli eine Versammlung von Vertretern der Mitgliedsvereine sowie seines Industrie-Ausschusses einberufen. Eine Entschließung dieser (s. VDI-Nachr. 1931 Nr. 29) begrüßte die Mitwirkung und den Eintritt technisch vorgebildeter und wirtschaftlich erfahrener Fachleute in den Berufsstand der „Wirtschaftsprüfer". Sie billigte voraufgegangene bezügliche Verhandlungen mit dem Reichswirtschaftsministerium und einzelnen Länderregierungen sowie mit dem Deutschen Industrie- und Handelstag, die zur Mitwirkung der Technik im Institut für das Revisions- und Treuhandwesen und zur Einräumung eines Sitzes der Technik in der Hauptstelle für die öffentlich bestellten Wirtschaftsprüfer sowie zur Mitwirkung der Technik in den einzurichtenden Zulassungs- und Prüfungstellen geführt haben, und forderte diejenigen Kreise der Technik und Wirtschaft, welche sich mit den Fragen und Aufgaben der Wirtschaftsprüfung befassen wollen, auf, sich zu wirkungsvoller Zusammenarbeit im Interesse der Gesundung und Gesunderhaltung der wirtschaftlichen Unternehmungen Deutschlands zusammenzuschließen und an der Ausgestaltung der Wirtschaftsprüfung mitzuarbeiten. D. S.

Energiewirtschaft.

Die Elektrizitätsversorgung Italiens im Jahr 1930[1]. — Nach Cesàri waren in Wasserkraftwerken Ende 1930 rd. 3,9 Mill kW installiert (3,5 i. V.), u. zw. in Norditalien 2,90, Mittelitalien 0,590, Süditalien 0,310 und auf den Inseln 0,08 Mill kW. Die Leistung der Wärmekraftwerke ist von 820 000 kW i. V. auf 840 000 kW gestiegen, doch arbeiteten die großen Reserve- und Spitzen-Wärmezentralen im Berichtsjahr zum größten Teil überhaupt nicht. Ungefähr 87 Mill kWh hat man mit einheimischen Brennstoffen erzeugt, davon entfallen jedoch 57 Mill kWh auf die mit Naturwärme betriebenen Boraxwerke Laderello.

Die statistisch erfaßten Elektrizitätswerke ergeben eine Gesamterzeugung von 10,189 Mrd kWh mit einer Erhöhung von 2,65 % gegenüber 1929; von dieser Summe wurden aus Wasserkraft 9,721, durch Wärme 0,303 Mrd kWh gewonnen. Aus der Schweiz hat Italien 0,164 Mrd kWh eingeführt. Die gesamte im Jahr 1930 produzierte elektrische Arbeit kann man mit 11 Mrd kWh (10,8 i. V.) ansetzen. Der Fremdstrombezug ist gegen 1929 um 80 Mill kWh zurückgegangen.

Gesamtstromerzeugung Italiens in Mill kWh.

	1926	1927	1928	1929	1930
			1. Nach Landesteilen:		
Norditalien	**6 340**	**6 470**	**7 200**	**7 700**	**7 820**
Mittelitalien	**1 460**	**1 530**	**1 620**	**1 747**	**1 800**
Süditalien	**820**	**850**	**940**	**1 045**	**1 060**
Inseln	**180**	**200**	**240**	**311**	**320**
Zusammen	**8 800**	**9 050**	**10 000**	**10 803**	**11 000**
			2. Nach Kraftquellen:		
Wasserkraftwerke	**8 314**	**8 566**	**9 461**	**10 047**	**10 450**
Wärmezentralen	**260**	**289**	**310**	**513**	**386**
Fremdstrom	**226**	**195**	**229**	**243**	**164**

Der Gesamtstromverbrauch dürfte rd. 8,2 Mrd kWh betragen haben, so daß 2,8 Mrd kWh auf den Eigenverbrauch der Kraftwerke (60 Mill kWh) und auf Verluste (2,74 Mrd kWh) entfallen. Die prozentuale Aufteilung stellt sich folgendermaßen:

Private und industrielle Beleuchtung	9,8 %
Öffentliche Beleuchtung	1,8 „
Motoren für Kleinindustrie und Landwirtschaft	25,1 „
Motoren für Schwerindustrie und große Unternehmungen	52,0 „
Zugförderung	9,9 „
Landwirtschaft	1,5 „

Der Verbrauch für die Zugförderung ist um 100 Mill kWh gegenüber 1929 gestiegen (von 720 auf 820 Mill kWh). Es wurden rd. 18 Mill Fahrtkm (Dampfbetrieb 141 Mill) mit 806 Mill Achskm (Dampf 4,3 Mrd) zurückgelegt. Der Lokomotivkm stellte sich auf 11,13 L (Dampf 8,20 L), der gezogene Achskm auf 0,250 L (Dampf 0,265 L), der virtuelle Tonnenkm auf 0,0333 L (Dampf 0,0256 bzw. 0,0329 L). Diese Kosten sind auf einen mittleren Strompreis von

[1] Vgl. ETZ 1931, S. 482.

0,16 L/kWh (Dampf: mittlerer Kohlenpreis 140,13 L/t) bezogen. Vom 1. VI. 1929 bis 1. VI. 1930 hat sich der Bestand an elektrischen Lokomotiven von 693 auf 783 Stück erhöht.

Von 84 000 km Hochspannungsleitungen entfielen Ende 1930 auf 50 ... 90 kV 10 710 km, auf über 120 kV 5290 km.

An Glühlampen wurden 1930 in Italien 25,4 Mill Stück hergestellt (1928: 16,1 Mill, 1929: 22,5 Mill). Die Einfuhr von Lampen im Gewicht bis 70 g betrug 11,1 Mill Stück im Wert von 21,85 Mill L, von Lampen über 70 g 0,256 Mill Stück im Wert von 2,21 Mill. L. Am Import beider Arten waren die hauptsächlichsten Länder wie folgt beteiligt:

Deutschland	mit 7	bzw. 0,2	Mill Stück
Holland	„ 1,2	„ 0,048	„ • „
Österreich	„ 1,5	„ 0,008	„ „
Ungarn	„ 1,04	„ 0,008	„ „

(L'Energia el. Bd. 8, S. 545 [1931].) *Rtz.*

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Besichtigung.

Am Donnerstag, dem 24. September 1931, nachm. 2½ Uhr, findet eine Besichtigung des technischen Betriebes der Deutschen Buchgemeinschaft m. b. H., Berlin SW 68, Alte Jakobstr. 156/57, Ecke Gitschiner Straße, nahe dem Halleschen Tor statt.

Fahrverbindung: Untergrundbahn, Omnibus oder Straßenbahn bis Hallesches Tor, dann ein kurzes Stück Fußweg die Gitschiner Straße entlang bis zur Einmündung der Alten Jakobstr., gegenüber dem Patentamt.

Treffpunkt: Beim Pförtner des bezeichneten Gebäudes.

Damen sind willkommen.

Um der Geschäftsleitung der Deutschen Buchgemeinschaft die Besucherzahl angeben zu können, wird um Anmeldung bei der Geschäftstelle des Elektrotechnischen Vereins

bis spätestens Dienstag, dem 22. September 1931, mittags,

gebeten.

Pünktliches Erscheinen geboten.

Elektrotechnischer Verein e. V.
Der Generalsekretär:
Dr. Schmidt.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker

(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 7 Pallas 7286.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Bericht über die XXXV. Jahresversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker im Saalbau zu Frankfurt a. M., am Montag, dem 22. Juni 1931, 9 Uhr vormittags.

Mit Rücksicht auf die beschlossene gemeinsame Tagung des „Verbandes Deutscher Elektrotechniker" mit der „Vereinigung der Elektrizitätswerke" fand diese „Jahresversammlung" als Mitgliederversammlung vor der gemeinsamen Haupttagung zur Erledigung der satzungsgemäßen geschäftlichen Angelegenheiten statt.

Den Vorsitz führt Herr Prof. Dr. Petersen, Berlin.

Vorsitzender: Meine sehr geehrten Herren! Ich eröffne hiermit die XXXV. Jahresversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker. Sie wissen ja alle, daß die heutige Frühversammlung eine rein geschäftliche Sitzung ist, weil mit Rücksicht auf das Zusammengehen mit der Vereinigung der Elektrizitätswerke alle Ansprachen, die an uns gerichtet werden und alle Ansprachen, die von uns selber ausgehen, für die gemeinschaftliche Sitzung um 11 Uhr vorgesehen worden sind. Wir können deswegen sofort in die heutige Tagesordnung eintreten.

Aber bevor wir das tun, habe ich einer traurigen Pflicht zu genügen. Die Zahl der Mitglieder, die uns in der Berichtzeit durch den Tod entrissen wurden, ist leider sehr groß. (Die Anwesenden erheben sich von ihren Sitzen.) Es seien von unseren verstorbenen Mitgliedern genannt:

Beckers, Hch., Ing., Weilerswist b. Köln,
Benkö, Benno, Techniker, Rotthalmünster,
Beyer, Theodor, Dipl.-Ing., Berlin,
Börnicke, Herm. Richard, Elektroing., Dresden-Leuben,
Briske, Max, Ing., Hamburg,
Christiani, Wilh., Wirkl. Geh. Oberpostrat, Potsdam,
Dahlhausen, Carl, Kaufmann, Köln,
Dill, Bergassessor, Wattenscheid,
Eimann, Bernhard, Ing., Dresden,
Epstein, Jos., Prof., Dr., Frankfurt a. M.,
Esser, Betriebsinspektor, Trier,
Feuerlein, Otto, Dr. phil., Dr.-Ing. E. h., Berlin,
Fischinger, Emil, Gottfried, Dr.-Ing. E. h., Berlin,
Görz, Herm., Geh. Baurat, Dr.-Ing. E. h. Berlin,
Grothe, Herm., Dipl.-Ing., Berlin,
Hauß, J., -Ing., Düsseldorf,
Heintz, Friedr., Obering., Neustadt a. d. Hdt.,
Hentschel, Chr., Max, Kom.-Rat, Meuselwitz i. Thür.,
Hinke, Georg, Obering., Berlin-Charlottenburg,
Hoffmann, Max, Obering., Düsseldorf,
Hussmann, Gustav, Direktor, Dr.-Ing. E. h., Gelsenkirchen,
Huth, Walter, Betriebsdirektor, Hamburg,
Klemm, Emil, Ing., Dresden,
Köpcke, Otto, Geh. Baurat, Ministerialrat, Dresden,
Kostorz, Franz, Fabrikbesitzer, Dresden,
Kurda, Karl, Direktor, Dr.-Ing. E. h., Nürnberg,
Landau, J., Dipl.-Ing., Dresden,
Lehmann, Richard, Betriebsleiter, Sonneberg/Thür.,
Liss, Gg., Direktor, Dr.-Ing., Dortmund-Hoerde,
Meyer, Oscar, Fabrikdirektor, Köln-Ehrenfeld,
Mylo, Rudolf, Obering., Berlin,
Nagel, E., Direktor, Münster,
Obé, Georg, Ing., Friedberg/Hessen
Pack, Friedr., Generaldir., Landesbaurat, Ludwigshafen,
Paternoster, Eugen, Dipl.-Ing., Essen,
Richter, Jos., Direktor, Zittau,
Richter-Rethwisch, Gerh., Dipl.-Ing., Berlin,
Rimmelspacher, Max, Obering., Heidenau,
Rosendahl, Fritz, Direktor a. D., Breslau,
Sauer, Julius, Obering., Berlin,
Schiemann, Paul, Obering., Berlin,
Schulte, Fritz, Obering. i. R., Dortmund,
Schulz, Ernst, Ziviling., Köln,
Sedlmeier, Hans, Obering., München,
Siegmund, Gustav, Ing., Breslau-Klettendorf,
Vogelsang, Max, Direktor, Dr.-Ing. E. h., Frankfurt M.,
Waßmann, Georg, Ing., Nürnberg,
Wegener, Paul, Obering., Chemnitz,
Westphal, Kurt, Ing., Düsseldorf.

Ich möchte ganz besonders auf den schweren Verlust hinweisen, den der Verband durch das Hinscheiden unseres früheren Verbandsvorsitzenden, Herrn Geh.-Rat Christiani, erlitten hat, möchte weiter besonders auf die vorhin genannten beiden Mitglieder der Frankfurter Elektrotechnischen Gesellschaft Prof. Epstein und Vogelsang hinweisen. Zwei Namen sind es, die so bekannt sind, daß ich nicht viele Worte zu sagen brauche, Namen, die in der Geschichte der deutschen Elektrotechnik eine führende Rolle spielen. Gehört doch Herr Prof. Epstein mit zu den Begründern unseres Verbandes.

Ich möchte nicht vorbeigehen an Namen wie Feuerlein, Fischinger, dessen Name mit der ersten 100 000 V-Übertragung in Deutschland bei Lauchhammer verknüpft ist, an dem Namen Görz und an dem Namen Kurda, dem weltberühmten Transformatorenbauer, und an dem Namen des Generaldirektors Pack. Allen, die durch wertvolle Mitarbeit verdienstvollen Anteil an unserem Verbande genommen haben, werden wir ein ehrendes Andenken bewahren.

Sie haben sich zu Ehren der Dahingeschiedenen von Ihren Plätzen erhoben. Ich stelle dieses fest und danke Ihnen dafür.

Ich erteile nunmehr Herrn Generalsekretär Schirp zum Teil „Geschäftliches", u. zw. zu

Punkt a) Auszug aus dem Bericht des Generalsekretärs das Wort.

Schirp: Meine sehr geehrten Herren! Die zur Verfügung stehende kurze Zeit erlaubt es mir leider nicht, Ihnen den Geschäftsbericht in extenso zur Kenntnis zu bringen. Ich darf mich deshalb wohl darauf beschränken, Ihnen aus dem Geschäftsbericht, der in unserem Fachorgan, der ETZ, veröffentlicht ist, ganz kurz einen Auszug vorzutragen.

Während im Vorjahre über die allseits gewünschte Beschränkung des Umfanges von Verbandsarbeiten berichtet werden konnte, haben diese in der Berichtzeit wieder eine ganz bedenkliche Ausdehnung angenommen. Von nicht weniger als 18 Kommissionen und Ausschüssen sind diesmal Vorlagen mit Anträgen der Jahresversammlung zur Entscheidung vorzulegen, in der Erwartung, daß hierdurch für die nächste Zeit die von uns seit Jahren erstrebte Beschränkung in dem Umfang von Verbandsarbeiten wieder erreicht werden wird.

Wesentliche Arbeitsgebiete gelangen zum vorläufigen Abschluß, der während der festgelegten Mindestlaufzeit von 5 Jahren möglichst keine Änderung erfahren soll.

Die von dem sogenannten gemischten Ausschuß im vorigen Jahre angebahnten Verhandlungen zwischen dem Verbande und dem Elektrotechnischen Verein, die eine Verständigung zwischen beiden über Vermögens- und Reingewinnanteil an der ETZ und gleichzeitig eine zeitgemäße Änderung der VDE-Satzung bezweckten, schweben z. Z. noch, so daß der diesjährigen Jahresversammlung noch keine geeigneten Vorschläge vorgelegt werden konnten.

Die im Mai 1930 nach Zustimmung der Mitglieder des VDE-Ausschusses begonnenen Bauarbeiten des Verwaltungsgebäudes in Charlottenburg konnten im Berichtsjahre so weit gefördert werden, daß der Rohbau vor Eintritt der Frostperiode beendet war. Die Innenausführung ist auf Grund mehrfacher Baukommissions-Sitzungen und auf Grund der vorgelegten Zeichnungen und Detailmodelle zur Zeit so weit durchgeführt, daß mit dem schlüsselfertigen Bezug der Räume zum 1. Oktober d. J. gerechnet werden kann.

Die technisch-wissenschaftliche Tätigkeit der einzelnen Elektrotechnischen Vereine war in der Berichtzeit wieder erfreulich rege. Namentlich zahlreich waren die von einzelnen Elektrotechnischen Vereinen eingerichteten Vortragsreihen, Fortbildungskurse für Elektromonteure und -installateure, Vorführungskurse für Spezialgebiete wie das Elektroschweißen und ähnliches.

Der Württembergische Elektrotechnische Verein veranstaltete im Winter in 14tägiger Folge Rundfunk-Vorträge.

Der Elektrotechnische Verein Chemnitz sowie ein Mitglied der Ortsgruppe Annaberg haben bis auf weiteres jährlich einen bestimmten Betrag ausgesetzt, um jüngeren Mitgliedern den Besuch des „Deutschen Museums" zu ermöglichen.

Der Oberschlesische Elektrotechnische Verein in Gleiwitz beging am 10. Januar d. J. die Feier seines 25jährigen Bestehens.

Über die Prüfstelle des Verbandes ist zu berichten, daß sie, wie in den Vorjahren, dauernd stark in Anspruch genommen wurde. Die Zahl der in der Berichtzeit durchgeführten Zeichen-Prüfungen und -Begutachtungen beträgt rund 2320. Von diesen führten 1575 Prüfungen, also 68 %, zur Zeichengenehmigung, während 745 Prüfungen ein ungünstiges Ergebnis hatten.

Die zwischen dem Zentralverband der deutschen elektrotechnischen Industrie und der VDE-Prüfstelle getroffene Vereinbarung bezüglich Kontrolle derjenigen Isolierrohr-Fabriken, welche die Zeichengenehmigung besitzen, wurde wiederum um ein Jahr verlängert.

Die Kontrolle der Fabriken isolierter Leitungen, welche den Verbands-Kennfaden führen dürfen, erfolgte in gleichem Umfange wie in den Vorjahren.

Den Markstein in der technischen Friedensarbeit aller Kulturvölker bildete die im Juli 1930 in Berlin mit allseitig anerkanntem Erfolge unter Teilnahme aller Kulturstaaten veranstaltete „Zweite Weltkraftkonferenz", zu der aus dem Kreise unserer Fachgenossen namhafte Einzel- und Gesamtberichte beigetragen wurden.

Im Anschluß an die Weltkraftkonferenz tagte die „Internationale Elektrotechnische Kommission" (IEC) in Skandinavien. Über die Beteiligung Deutschlands sowie über den Erfolg der Arbeiten dieser internationalen Kommission ist seitens des Deutschen Kommittees der IEC in der ETZ eingehend berichtet worden.

Ich darf bei dieser Gelegenheit darauf hinweisen, daß im Jahre 1932 in Paris ein Internationaler Elektrizitäts-Kongreß stattfindet, und daß von dem zugehörigen Komitee an eine Reihe von deutschen Einzelpersonen Aufforderungen ergangen sind, sich an dem umfangreichen Arbeits- und Verhandlungsprogramm dieses Kongresses zu beteiligen. Um zu vermeiden, daß eine Zersplitterung der deutschen Beteiligung stattfindet, hat das Deutsche Kommittee der IEC einen Arbeitsausschuß gebildet, in dem die maßgebenden Verbände vertreten sind, um die für Paris in Frage kommenden Berichte zu sichten und Interessenten über die sie in erster Linie interessierenden Fragen Auskunft zu geben.

Gleichwie in den Vorjahren können wir auch in der Berichtzeit mit hoher Befriedigung auf eine ersprießliche Zusammenarbeit mit den uns berufsverwandten technischen Vereinen und Verbänden, insbesondere aber mit den an unseren Verbandsbestimmungen interessierten Reichs- und Staatsbehörden sowie öffentlichen technisch-wissenschaftlichen Instituten, zurückblicken.

Über die Tätigkeit der Kommissionen des Verbandes gibt der Tätigkeitsbericht ausführlichen Aufschluß. Sie finden eine Gesamtzahl von 36 Arbeiten der vorgenannten 18 Kommissionen und Ausschüsse, die der Jahresversammlung zur Entscheidung vorgelegt werden. Sie sind in der ETZ veröffentlicht, in Sonderdrucken vervielfältigt und sind insbesondere auch den Ausschußmitgliedern, die ja gestern in einer Vorberatung dazu Stellung genommen haben, vorgelegt worden.

Ich darf darüber folgendes berichten. Es werden durch die jetzt vorgelegten 36 Arbeiten zehn Außerkraftsetzungen bestehender Bestimmungen notwendig, weil diese Bestimmungen durch die Annahme der neuen Bestimmungen des Verbandes überholt werden.

An neuen Arbeiten legt der Verband der Beschlußfassung der Jahresversammlung im ganzen 20 vor. Bei 11 Arbeiten wird die Verabschiedung durch die Jahresversammlung heute nicht beantragt, sondern es wird in Übereinstimmung mit den Kommissionen und mit Zustimmung des Ausschusses beantragt, den Vorstand zu bevollmächtigen, nach geschäftsordnungsmäßiger Behandlung der noch vorliegenden Einsprüche nach der Jahresversammlung diese Arbeiten in Kraft zu setzen. Es ist dies der übliche Weg gewesen, der sich bisher auch bewährt hat, damit der Vorstand noch in der Lage ist, etwaige Unstimmigkeiten auszuscheiden, ohne daß die betreffende Arbeit ein ganzes Jahr zurückgestellt wird.

Die 11 Arbeiten, von denen ich vorhin sprach, sind folgende:

Die Kommission für Betriebs-Vorschriften legt zur Entscheidung vor: „Vorschriften nebst Ausführungsregeln für den Betrieb von Starkstrom-Anlagen. V. B. S./1932".

(Hier handelt es sich um eine juristische Überprüfung sowie um nachträgliche sachliche Einsprüche, die nicht mehr rechtzeitig behandelt werden konnten.)

sowie „Anleitung zur ersten Hilfe bei Unfällen im Betrieb".

(Hier handelt es sich um die nicht rechtzeitige Fertigstellung des Entwurfes dieser Anleitung seitens des Verbandes der Deutschen Berufsgenossenschaften, mit denen wir gemeinsam die neue Bearbeitung vereinbart haben.)

Die Kommission für Freileitungen sieht sich gezwungen, Änderungen an den „Vorschriften für den Bau von Starkstrom-Freileitungen V.S.F./1930" zu beantragen, als Auswirkung der Arbeiten, die heute hier beschlossen werden sollen und deren Formulierung infolgedessen noch nicht möglich gewesen ist, so daß sich eine nachträgliche Bearbeitung durch die Kommission als zweckmäßig erweist und auch hierfür die Vollmacht des Vorstandes erforderlich ist.

Das gleiche gilt von Änderungen, die die Arbeitsausschüsse der Kommission für erforderlich halten.

Der Ausschuß für den elektrischen Sicherheitsgrad legt vor:

„Leitsätze für den elektrischen Sicherheitsgrad von Starkstrom-Anlagen mit Betriebspannungen von 1000 V und darüber L. S. G./1932", weil auch hier noch ein nachträglicher Einspruch vorliegt, über den eine Verständigung noch nicht erzielt werden konnte,

die Kommission für Handgeräte: „Vorschriften für zweipolige Gerätesteckvorrichtungen und Geräteanschlußschnüre 10 A 250 V für Hand- und Elektrowärmegeräte."

(Hier handelt es sich um die etwa notwendig werdende Festlegung einer Übergangsbestimmung zur Festsetzung von Temperaturen.)

Die Kommission für Maschinen und Transformatoren hat „Regeln für den Anschluß von Motoren an öffentliche Elektrizitätswerke R.A.M./1932" neu bearbeitet, gegen die zwecks Ausgleichung noch be-

stehender gegensätzlicher Auffassungen zwischen Industrie- und Elektrizitätswerkskreisen noch Einsprüche eingegangen sind.

Und schließlich hat die Kommission für Meßinstrumente „Regeln für Wandler R.E.W./1932" aufgestellt.

Dazu sind eine Reihe, allerdings nicht schwerwiegender Einsprüche eingegangen, die immerhin noch eine geschäftsmäßige Behandlung notwendig machen.

Bei zwei kleineren Arbeiten handelt es sich um eine ausgesprochen redaktionelle Änderung, sie betreffen Ausschuß für Normalspannungen: „Spannungen für elektrische Anlagen über 100 V" und Kommission für Drähte und Kabel: „Vorschriften für Leitungskupfer".

Außerdem hat noch die Kommission für Installationsmaterial zwei Arbeiten in Vorbereitung: „Leitsätze für Handleuchter aus Weichgummi" und „Leitsätze für Stecker aus Weichgummi".

Ich darf Ihr Einverständnis voraussetzen, daß ich mich auf diese Angaben bezüglich der Kommissionsarbeiten unter Hinweis auf den in der ETZ veröffentlichten Tätigkeitsbericht beschränke, da ich Ihnen sonst die sehr umfangreiche Liste der vorgenannten 36 Arbeiten bekanntgeben müßte.

Ich darf noch bemerken, daß alle Arbeiten im Vorstand und Ausschuß Gegenstand der Beratung gewesen und angenommen worden sind.

Ich bitte den Herrn Vorsitzenden, die Zustimmung der Jahresversammlung für die Verabschiedung der Arbeiten bzw. die Bevollmächtigung des Vorstandes herbeizuführen.

Vorsitzender: Ich stelle fest, daß sich aus der Versammlung kein Widerspruch gegen den Antrag des Herrn Generalsekretärs erhebt; damit ist der Antrag auf Verabschiedung der vorgelegten Arbeiten bzw. auf Bevollmächtigung des Vorstandes angenommen.

Schirp: Über die Mitgliederbewegung muß ich Ihnen mitteilen, daß wir in der Berichtzeit vom 15. Juni v. J. bis 15. Juni d. J. infolge der Wirtschaftskrise einen Verlust von 640 Mitgliedern erlitten haben. Dieser Verlust ist aber nicht als ein endgültiger anzusehen, da wir zum erstenmal in diesem Jahre eine ziemlich scharfe Trennung bezüglich der Einweisung unserer ETZ an die säumigen Zahler haben durchführen müssen. Wir haben die Hoffnung und Überzeugung, daß noch ein großer Teil dieser Mitglieder als ordentliche Mitglieder des Verbandes in Kürze wiedergewonnen werden kann.

Die Verteilung des Mitgliederverlustes bis zum 15. Mai auf die einzelnen Elektrotechnischen Vereine geht aus dem Tätigkeitsbericht hervor, der in der ETZ, Heft 21, S. 687 veröffentlicht ist.

Die Gewinn- und Verlustrechnung des Verbandes schließt mit einem Vortrag für das Jahr 1930 von 181 427,94 Mark ab; die vorschriftsmäßige Rechnungsprüfung ist durch einen Bücherprüfer erfolgt. Außerdem haben die beiden vom Verbande gewählten Rechnungsrevisoren, Geh. Oberbaurat Grauert und Direktor Froese, die Bücher, Bilanz und Gewinn- und Verlustrechnung geprüft und in Ordnung befunden. Der Prüfungsbericht liegt mit der Jahresabrechnung im Original hier aus.

Vorsitzender: Ich möchte die Frage stellen, ob zu der Jahresabrechnung das Wort aus der Versammlung gewünscht wird? — Das ist nicht der Fall. Dann darf ich Herrn Geheimrat Grauert als Revisor bitten, den Revisionsbericht zu erstatten.

Grauert, Berlin: Nachdem, wie schon von dem Herrn Generalsekretär ausgeführt wurde, die Rechnungsführung des Verbandes durch einen bestellten Bücherrevisor geprüft war, haben Herr Direktor Froese und ich auf Grund des vom Revisor vorgelegten Berichts die Rechnungslegung und die Bilanz des Verbandes durch Stichproben geprüft. Wir haben nichts zu erinnern gefunden und haben auch das Vorhandensein der in der Bilanz aufgeführten Vermögenswerte des Verbandes festgestellt.

Auf Grund dieser Prüfung beantrage ich Entlastung des Vorstandes und der Geschäftstelle, falls sich kein Widerspruch erhebt. — Ich darf feststellen, daß das nicht geschieht. Ich spreche hiermit die Entlastung des Vorstandes und der Geschäftstelle aus und verbinde damit auch in Ihrem Sinne den Ausdruck des Dankes für die mühevolle wie erfolgreiche Geschäftsführung des Verbandes. (Bravo!)

Vorsitzender: Ich stelle fest, daß der Vorstand und die Geschäftstelle auf Antrag der Herren Revisoren Grauert und Froese Entlastung erhalten haben. Vorstand und Geschäftstelle danken dafür, sie danken auch Herrn Geheimrat Grauert für die Worte der Anerkennung.

Ich benutze die Gelegenheit, um Herrn Geheimrat Grauert und Herrn Direktor Froese für die mühevolle und hingebende Arbeit bei der Durchführung der Revision den aufrichtigsten Dank des Verbandes auszusprechen. (Bravo!)

Ich beantrage weiter die Wiederwahl von Herrn Geheimrat Grauert und Herrn Direktor Froese für ein weiteres Jahr als Revisoren. — Es erhebt sich kein Widerspruch. Die Wiederwahl der beiden Herren ist somit vollzogen.

Wir kommen nun zu Punkt b): Anträge.

Es liegen zwei Anträge vor. Der erste Antrag betrifft die Mitgliederbeiträge für das Jahr 1932. Vorstand und Ausschuß des Verbandes haben beschlossen, der Jahresversammlung dieselben Mitgliederbeiträge wie im Jahre 1931 in Vorschlag zu bringen.

Wird zu diesem Punkt der Tagesordnung das Wort gewünscht? — Ich stelle fest, daß das nicht der Fall ist, und daß der Antrag des Vorstandes und Ausschusses, dieselben Mitgliederbeiträge wie im Jahre 1931 auch im Jahre 1932 unverändert bestehen zu lassen, angenommen ist.

Als zweiter Antrag liegt der Antrag auf Ausstattung des Ausschusses mit den Vollmachten einer Jahresversammlung für 1932 vor. Sie werden nachher hören, daß der Vorstand und der Ausschuß beschlossen haben, im nächsten Jahre keine Vollversammlung, sondern nur eine Geschäftstagung des Ausschusses abzuhalten. Die heutige Versammlung muß also wie vor zwei Jahren die Ermächtigung erteilen, daß eine Reihe von Vorlagen durch den Ausschuß verabschiedet werden kann.

Ich lese den formulierten Antrag vor:

„Der Ausschuß ist für das Jahr 1932 mit den Vollmachten einer Jahresversammlung auszustatten."

Wird das Wort zu diesem Antrag gewünscht? — Das ist nicht der Fall. Dann hat auch der zweite Antrag damit seine Genehmigung gefunden.

Wir kommen nun zu

Punkt c): Wahlen zum Vorstand und Ausschuß.

Schirp: Mit Ende 1931 scheiden aus dem Vorstande aus und sind nach § 9 der VDE-Satzung nicht wieder wählbar die Herren: Köttgen, Krone und Mayer. Mit Ende 1931 scheiden aus dem Vorstande aus und sind wieder wählbar die Herren Brauns, Dettmar, Montanus, Petersen und Wechmann. Herr Dettmar hat gebeten, aus Gesundheitsrücksichten von seiner Wiederwahl abzusehen.

Der Vorstand befürwortet die Wiederwahl dieser Herren mit Ausnahme des Herrn Dettmar und die Zuwahl der Herren Bannwarth (Hamburg), Binder (Dresden), von Buol (Berlin) und Schreiber (Köln), alle auf zwei Jahre.

Gleichzeitig wird der Antrag gestellt, zum Vorsitzenden Herrn Petersen und zum stellvertretenden Vorsitzenden einen Herrn zu erwählen, den wir heute noch nicht benennen können. Es ist dafür ein Herr einer Reichs- oder Staatsbehörde in Aussicht genommen. Beide Herren werden auf 2 Jahre gewählt.

Vorsitzender: Wird das Wort zu den Vorschlägen des Vorstandes und Ausschusses gewünscht? — Das ist nicht der Fall. Ich stelle damit fest, daß die genannten Herren in den Vorstand gewählt worden sind, und ich stelle weiter die Wahl des Vorsitzenden und stellvertretenden Vorsitzenden fest.

Die auf mich gefallene Wahl als Vorsitzender nehme ich mit Dank an. (Lebhafter Beifall!)

Schirp: Bezüglich des Ausschusses darf ich folgendes vortragen:

Ende 1931 scheiden aus dem Ausschuß als VDE-Vertreter aus die Herren: Craemer, Hissink, Orlich, Roos, Ruppel, Schering, Sieg, Voigt, Werner und Wölcke.

Der Vorstand befürwortet die Wiederwahl der Herren: Craemer, Orlich, Ruppel, Schering, Werner und Wölcke, ferner die Zuwahl der Herren Dettmar, Köttgen, Krone, Mayer und Zaudy, sämtlich auf zwei Jahre.

Vorsitzender: Auch zu diesem Punkt liegen keine Wortmeldungen vor. Ich darf also das Einverständnis der Jahresversammlung zu diesen Vorschlägen als gegeben ansehen.

Ich möchte die Gelegenheit nicht vorbeigehen lassen, um den ausscheidenden Mitgliedern des Vorstandes und

Ausschusses den Dank des Verbandes in Ihrem Namen auszusprechen.

Weiter möchte ich in diesem Zusammenhang den Dank und die Anerkennung für unseren früheren ersten Vorsitzenden Dr. Krone aussprechen. Herr Dr. Krone hat fast volle 4 Jahre die Geschicke des Verbandes geleitet. Sie wissen, meine Herren, daß in diesen Jahren eine ganz außerordentliche Arbeit geleistet worden ist. Ich erinnere nur an die Arbeiten wegen der Überleitung des ETZ-Verlags in die Hände des Verbandes und Elektrotechnischen Vereins (Berlin), weiter an die Verhandlungen, die mit dem EV (Berlin) stattgefunden haben, und schließlich fällt in diese Zeit der Bau des Heims für den Verband Deutscher Elektrotechniker. Wer nicht in der Verbandsarbeit steht, weiß gar nicht, was für eine Anspannung und Arbeit in diesen verschiedenen Arbeitsgebieten geleistet worden ist. Es war eine Tätigkeit, die ein gut Teil der Arbeitskraft eines Mannes in Anspruch genommen hat. Sitzungen auf Sitzungen, Verhandlungen schwierigster Natur mit außerordentlich verhandlungsgewandten Kontrahenten — wir sind überzeugt, daß diese ganzen Verhandlungen zum Besten des VDE durchgeführt worden sind. Meine Herren, ich bitte Sie um die Ermächtigung, Herrn Krone den Gruß und besonderen Dank der Jahresversammlung übermitteln zu dürfen. (Lebhafter Beifall.) Ich freue mich über Ihre Zustimmung und werde Herrn Krone auch über diesen schönen Ausdruck Ihres Dankes berichten.

Wir kommen nunmehr zum nächsten Punkt unserer Tagesordnung:

d) Wahl des Ortes der nächsten Jahresversammlung.

Ich habe schon vorhin kurz darauf hingewiesen, daß Vorstand und Ausschuß beschlossen haben, im kommenden Jahre keine Vollversammlung abzuhalten, sondern sich mit einer Arbeitstagung zu begnügen. Für diese Arbeitstagung des Ausschusses ist eine sehr liebenswürdige Einladung von München durch die Herren Oberbaudirektor Dr. Zell und Oberbaurat Höchtl überreicht worden. Ich benutze die Gelegenheit, diesen beiden Herren für die Einladung herzlichst zu danken. Vorstand und Ausschuß haben beschlossen, diese Einladung anzunehmen. Wir werden also die Arbeitstagung des Ausschusses im nächsten Jahr in München abhalten, unter der Voraussetzung, daß die Jahresversammlung einverstanden ist.

Es wird zu diesem Punkt nicht das Wort gewünscht. Damit ist auch dieser Antrag angenommen.

Wir sind nun am Ende unserer heutigen geschäftlichen Sitzung. Wird noch das Wort zu irgend einer Frage gewünscht? — Das ist nicht der Fall.

Ich möchte die geschäftliche Sitzung der Jahresversammlung nicht schließen, ohne Herrn Generalsekretär Schirp und den Angestellten des Verbandes den aufrichtigsten Dank für die außerordentlich mühevolle Arbeit auszusprechen. Ich stelle fest, daß die Jahresversammlung sich diesem Dank anschließt. (Lebhaftes Bravo!)

Meine Herren, ich danke Ihnen und schließe hiermit die XXXV. Jahresversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.

Schluß der Sitzung 10 Uhr.

Der Vorsitzende: Petersen. Der Generalsekretär: P. Schirp.

Gemeinsame Tagung des „Verbandes Deutscher Elektrotechniker“ und der „Vereinigung der Elektrizitätswerke“

anläßlich der XXXV. Jahresversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker und des 50jährigen Bestehens der Elektrotechnischen Gesellschaft zu Frankfurt a. M.

I. Gemeinsame Tagung

am Montag, dem 22. Juni 1931, im Saalbau zu Frankfurt a. M., vormittags 11 Uhr.

Den Vorsitz führt Herr Prof. Dr. Petersen, Berlin.

Vorsitzender: Meine sehr geehrten Damen und Herren! Ich eröffne die gemeinsame Tagung des „Verbandes Deutscher Elektrotechniker“ und der „Vereinigung der Elektrizitätswerke“. Zunächst begrüße ich die Mitglieder dieser beiden großen Verbände sowie ihre Ehrengäste. Eine angenehme Pflicht ist es für mich, der Stadtverwaltung Frankfurt a. M. sowie der Elektrotechnischen Gesellschaft Frankfurt a. M. für die Einladung zu der diesjährigen Jahresversammlung Dank zu sagen. Insbesondere begrüße ich Herrn Oberbürgermeister Dr. Landmann und Herrn Generaldirektor Prof. Dr. Salomon, den Vorsitzenden der Elektrotechnischen Gesellschaft Frankfurt a. M., denen ich hiermit nochmals meinen Dank für die Einladung abstatte. Ich danke weiterhin der Handelskammer für die Gastfreundschaft, die sie unseren Fachbericht-Sitzungen in den Räumen der Handelskammer gewährt, und begrüßte ihren Vertreter, den Präsidenten der Industrie- und Handelskammer, Herrn Bankier Hauck.

Meine sehr geehrten Damen und Herren! Die Arbeiten unseres Verbandes erfreuen sich größten behördlichen Interesses und der größten behördlichen Förderung. Wir dürfen weiterhin mit Stolz darauf hinweisen, daß der Verband Deutscher Elektrotechniker in engster Zusammenarbeit mit allen in Betracht kommenden wissenschaftlichen Stellen, in Zusammenarbeit mit der elektrotechnischen Industrie sowie mit allen berufsverwandten Verbänden und Vereinen steht.

Von den Behörden darf ich in erster Linie begrüßen als Vertreter des Reichspostministeriums Herrn Staatssekretär Dr. Feyerabend, als Vertreter des Reichsverkehrsministeriums Herrn Ministerialdirektor Prof. Dr. Gleichmann, als Vertreter des Reichswehrministeriums für den Chef der Marineleitung Herrn Ministerialrat und Geh. Oberbaurat Grauert; vom Ministerium für Handel und Gewerbe Herrn Staatssekretär Dr. Staudinger. Als Vertreter der Universität Frankfurt a. M. ihren Prorektor, Herrn Prof. Dr. Küntzel. Ich darf meiner Freude Ausdruck geben, daß eine ganze Reihe von anderen Hochschulen, insbesondere Technischen Hochschulen, nämlich Aachen, Braunschweig, Charlottenburg, Danzig, Darmstadt, Hannover, Karlsruhe, Vertreter zu unserer Tagung entsandt haben. Weiter begrüße ich die Vertreter der uns berufsverwandten Vereine, Verbände und Gesellschaften sowie die Vertreter der technischen und der Tagespresse.

Ganz besonders möchte ich hinweisen auf die Vertreter der uns stammverwandten Fachgenossen in Österreich und die Vertreter der uns befreundeten anderen Länder, die aus Dänemark, Holland, Norwegen, Schweden und der Schweiz ihr Interesse und ihre Mitarbeit an der Arbeit des Verbandes hier kundtun.

Meine sehr geehrten Damen und Herren! Der heutigen Tagung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker kommt schon rein äußerlich dadurch eine ganz besondere Bedeutung zu, daß der Verband gemeinsam mit der ihm befreundeten Vereinigung der Elektrizitätswerke seine Hauptversammlung abhält.

Die Elektrotechniker befinden sich hier in Frankfurt am Main in mehrfacher Hinsicht auf historischem Boden, denn Frankfurt spielt in der Entwicklung der Elektrotechnik eine Rolle, die gar nicht hoch genug eingeschätzt und bewertet werden kann. Wir schulden der Internationalen Elektrotechnischen Ausstellung Frankfurt a. M. vom Jahre 1891 Dank für den denkbar größten Fortschritt. Die Ausstellung verdankt ihre Anregung und ihre Durchführung Bürgern der Stadt Frankfurt a. M. Sie führte s. Zt. zu der bewundernswerten Tat der Lauffener Kraftübertragung, der ersten Fernkraftübertragung aus dem 170 km entfernten Lauffen nach Frankfurt a. M. Sie brachte hiermit den ersten Nachweis der Übertragungsmöglichkeit der Elektrizität auf weite Entfernungen. Sie brachte gleichzeitig entscheidende Beiträge zur Klärung der Systemfrage, nämlich zu den Fragen: was ist besser? Wechselstrom oder Gleichstrom? Wo ist Gleichstrom, wo ist Wechselstrom zu verwenden? Von Frankfurt aus konnte die Elektrizität ihren Siegeslauf in Gewerbe und Industrie als allezeit bereite Dienerin des Menschen antreten. Was sonst eine jahrelange Arbeit, Entwicklung und vorsichtig tastendes Abwägen erfordert hätte, mußte im Zusammenhang mit dieser Ausstellung in wenigen Monaten geschaffen werden. Und in wenigen Monaten konnten diese Fragen ihrer Lösung entgegengebracht werden. Selten ist die Technik durch ein derartiges Ereignis so sprungweise nach vorwärts geworfen worden wie durch die Internationale Elektrotechnische Ausstellung in Frankfurt a. M. Das danken wir der Stadt Frankfurt und ihren an dieser Ausstellung beteiligten Bürgern.

In der bereits 1881, also vor 50 Jahren, gegründeten Elektrotechnischen Gesellschaft Frankfurt a. M., deren Gast wir hier sind, mit der wir zusammen die Jubelfeier ihres 50jährigen Bestehens in diesen Tagen begehen konnten, regte Sonnemann nach der Rückkehr von der Pariser Weltausstellung als erster eine Ausstellung auf elektrotechnischem Gebiete an. Der Gedanke fiel in Frankfurt auf fruchtbaren Boden, und er wurde von der

Elektrotechnischen Gesellschaft in der tatkräftigsten Art und Weise unterstützt. In Oskar von Miller, unserem allverehrten Altmeister der Elektrotechnik, der es zu unserer großen Freude übernommen hat, heute den Festvortrag zu halten, reifte schon in der ersten Vorbereitungzeit der Ausstellung der unglaublich kühne Gedanke — diesen Ausdruck dürfen wir gebrauchen — der Übertragung Lauffen—Frankfurt. Unglaublich kühn deswegen, weil namhafte Fachleute, große Kreise der Elektrotechnik die Durchführung für technisch und physikalisch unmöglich hielten.

Es sind jetzt 50 Jahre Elektrotechnik verflossen. In diesen vergangenen 5 Jahrzehnten sind im wesentlichen folgende Aufgaben zu lösen gewesen und auch gelöst worden: die Schaffung der notwendigen Hilfsgeräte, der Maschinen, Transformatoren, Schalter und Leitungen, die Schaffung der notwendigen Prüf- und Meßmethoden sowie der erforderlichen wissenschaftlichen Grundlagen der Elektrotechnik — und die Schaffung einer eigenen Gesetzgebung auf dem Wege der Selbstverwaltung, einer Gesetzgebung, die dem Verbande im wesentlichen obgelegen hat, eine Gesetzgebung, welche die stürmische Entwicklung der Elektrotechnik unter keinen Umständen hemmen sollte, die aber diese stürmische Entwicklung in geregelte Bahnen zu drängen hatte; man kann von einer Verkehrsregelung auf diesem Gebiete sprechen. Weiter in der Schaffung eines großartigen Versorgungsnetzes, das ganz Deutschland überzieht, das später mit den Versorgungsnetzen der übrigen europäischen Länder zusammenarbeiten kann. Schließlich in der Schaffung einer ganz eigenen Wirtschaftsform, nämlich in der Wirtschaftsform, in der die öffentliche Elektrizitätsversorgung selber ihren Obliegenheiten gerecht wird.

Hoch interessant in diesem Zusammenhange ist ein Geschenk der Elektrotechnischen Gesellschaft Frankfurt am Main, nämlich die von Herrn Prof. Ruppel mit großem Geschick und seltener Ausdauer zusammengestellten „Geschichtstafeln über die Geschichte der Elektrotechnik", ein Werk, in welchem wir rückschauend diese ganze wundervolle Entwicklung der Elektrotechnik verfolgen können, ohne doktrinäre Aufmachung, mit kurzen Schlagworten, mit schönen Bildern ausgestattet, die uns plastisch die schöne Entwicklung vor Augen führen.

Sprach ich hier von den Kindheitstagen der Technik, so müssen wir jetzt feststellen, daß sich die Elektrotechnik in den Jünglingstagen befindet. Es gilt, alle diese Errungenschaften fortzubilden, zu klären und zu festigen. Wir können die Hände nicht in den Schoß legen. Im Gegenteil, uns steht noch eine große Arbeit bevor. So wie vor 40 Jahren durch die Frankfurter Ausstellung ganz neue Momente in die Elektrotechnik hineingebracht worden sind, so werden auch heute wieder neue Gedanken gefaßt und neue Wege erschlossen. Ich erinnere an die zunehmende Bedeutung der Elektronik. Elektronenröhren, Gleichrichter, Umrichter und Wechselrichter machen den bewegten Maschinen die Herrschaft streitig und erschließen ungeahnte neue Anwendungsgebiete.

Die Elektrotechnik ist dazu berufen, dem Deutschen in seinem harten Wirtschaftskampf Mittel zum Durchhalten und Durchkämpfen zu liefern. Wir Elektrotechniker fühlen voll die Verantwortung für diese Aufgabe. Besonders interessiert uns im Zusammenhange hiermit die Kraftübertragung auf weite Entfernungen. Deswegen haben wir den Wunsch gehabt, dieses Problem gemeinsam mit unsern Freunden von der Vereinigung der Elektrizitätswerke zu beraten, und daher steht unsere ganze diesjährige Tagung unter dem Zeichen der wirtschaftlichen Kraftübertragung.

Meine sehr geehrten Damen und Herren! Die wirtschaftlichen Nöte unseres Vaterlandes in Auswirkung des Krieges, von der die gesamte Weltwirtschaft schwer betroffen worden ist, haben im vergangenen Jahre auch die bis dahin wenig von diesen Nöten berührte Elektrotechnik in stärkstem Maße in Mitleidenschaft gezogen. Ich maß es mir versagen, näher auf die Einzelheiten, auf die Ursachen einzugehen, aber wir stehen vor der Tatsache, der gegenüber wir unseren Blick in die Zukunft richten müssen.

Über die Fortschritte der Elektrotechnik ist im Anfange dieses Jahres ausführlich in der ETZ anläßlich der Jahresversammlung des Elektrotechnischen Vereins Berlin berichtet worden, so daß ich heute diesen Punkt nicht zu berühren brauche. Die Fortschritte berechtigen uns trotz allem zu der Hoffnung, daß Deutschland seine Stellung bewahren wird, daß Deutschland von der Weltwirtschaft nicht ausgeschaltet werden kann.

Der Herr Oberbürgermeister Dr. Landmann hat gestern nachmittag Vorstand und Ausschuß im Kaisersaal des Römers begrüßt. Es war eine weihevolle, eine tiefe Eindrücke hinterlassende Stunde, als er in diesen ehrwürdigen, vom Geist der deutschen Geschichte durchwehten Räumen das Auf und Ab der deutschen Geschichte, den Wechsel zwischen höchstem Glanz und tiefster Not schilderte, um daran die Hoffnung, die Zuversicht zu knüpfen, daß deutsche Arbeitskraft und Zähigkeit und deutsche Treue aus dem dunklen Tal, in dem wir uns heute befinden, herausführen werden. Wenn das freie Spiel der Kräfte, das in der Weltwirtschaft ebenso wie in der Wirtschaft unseres Landes teils aus sichtbaren, teils aus nicht erkennbaren, ungeklärten Gründen die stärksten, fast widernatürlichen Hemmungen erfährt, wieder hergestellt sein wird, dann besteht für uns kein Zweifel, daß wir wieder hochkommen. Die Arbeitsfähigkeit besitzen wir, die wir freudig in den Dienst des Ganzen, freudig in den Dienst des Vaterlandes stellen. (Lebhafter Beifall.)

Bevor ich den Herren Vertretern das Wort erteile, gebe ich dem Vorsitzenden der Vereinigung der Elektrizitätswerke, Herrn Dr. Jahncke, das Wort.

Jahncke, Berlin: Sehr verehrte Damen und Herren! Die Erinnerungstage, die Frankfurt a. M. in diesem Jahre feiert, haben für alle Elektrotechniker nicht nur Deutschlands, sondern der Erde und für alle Zweige unserer Industrie die gleiche Bedeutung, die gleiche Wichtigkeit. Die Vereinigung der Elektrizitätswerke hat deshalb die freundliche Einladung der Stadt Frankfurt, in diesem Jahre ihre Hauptversammlung hier in Frankfurt und damit zusammen mit dem Verband Deutscher Elektrotechniker abzuhalten, gern und mit herzlichem Dank an die Stadt Frankfurt angenommen.

Ich habe also die Ehre, die hohe Versammlung und insbesondere unsere hochverehrten Gäste auch im Namen der Vereinigung auf das herzlichste zu begrüßen.

Meine Damen und Herren! Von den vielen und reichen Gütern, die unser Volk vor dem Kriege besessen hat, hat man uns eines nicht rauben können, wenigstens nicht dauernd rauben können, das ist der Arbeitswille, die Arbeitsfreudigkeit und das Arbeitskönnen unseres Volkes. (Zustimmung.)

Wir Ingenieure sehen wohl in erster Linie die Menschheit an der Arbeit, und wir können heute das Zeugnis ablegen, daß nach der übermenschlichen Anstrengung des Krieges und der Nachkriegzeit in allen Schichten unseres Volkes wieder ehrlich und treu gearbeitet wird.

Da ist es nun die Aufgabe von uns, die Aufgabe des Ingenieurs, der Menschheit diese Arbeit zu erleichtern und dafür zu sorgen, daß sie nicht ausartet in übermäßig ermüdende rein tierische Körperarbeit. Wir sind doch wohl alle überzeugt und des Glaubens, daß es eine Entwicklung in der Menschheit gibt, die den Menschen zu immer höherwertigerer Arbeit treibt, die ihn dazu treibt, seine Arbeit immer stärker mit dem ihm verliehenen Geiste zu durchdringen. Der ideale Helfer zu dieser Arbeit des Menschen ist die Elektrizität, der größte Schritt zu der eben angedeuteten Entwicklung im Leben der Menschheit ist, glaube ich, die Einführung der Elektrizitätsenergie in den Dienst der Menschen. Das verdankt sie ihrer wunderbaren Eigenschaft, daß man jede Naturkraft, die auf der Erde vorkommt, leicht und elegant in elektrische Energie verwandeln kann, ja daß die Urkraft, die alle anderen Naturkräfte erzeugt, das ist doch letzten Endes die Sonne mit ihrer strahlenden Energie, in allen ihren Haupteigenschaften tatsächlich mit der elektrischen Energie übereinstimmt.

Hinzu kommt, daß man die Elektrizität in außerordentlich hohem Maße erzeugen, nach menschlichen Begriffen in unerschöpflicher Menge erzeugen kann, daß man sie aber auch in jede gewünschte Größe, auch in die größte Kleinheit zerlegen und jedem Menschen zuführen und sie damit zum idealen und zum erlösenden Helfer der Menschheit machen kann.

Es trifft nicht zu, meine Damen und Herren, was so oft, schriftlich und mündlich, behauptet wird, daß die sogenannte Mechanisierung und Technisierung unserer Betriebe auch die Arbeit des Menschen mechanisiere und veröde. Das Gegenteil ist der Fall. Wer aufmerksam die Arbeit beobachtet, wird immer wieder feststellen, daß die richtige Verwendung der maschinellen Kraft den Menschen auch zu verstärkter geistiger Anstrengung anhält. Nicht zum geringsten spielt dabei natürlich eine Rolle, daß eine Ermüdung nie in völlige Erschlaffung ausartet, daß nach getaner Arbeit der Mensch, auch der geringste Arbeiter, noch Lust hat, über Verbesserung seiner Arbeitsmethoden nachzusinnen. Diesen Vorgang können wir überall feststellen.

Ich habe früher einmal gesagt und wiederhole es hier in diesem Zusammenhang: Wenn der Spruch des Alten Testaments „Im Schweiße deines Angesichts sollst du dein Brot essen" für die Menschheit ein Fluch war — und so war er ja wohl gedacht —, so ist die Technik berufen, die Menschheit von diesem Fluch zu erlösen.

Meine Damen und Herren! Vergeistigung aller Menschenarbeit, das ist die Aufgabe und das Ziel aller unserer Ingenieurarbeit. (Lebhafter Beifall.)

Vorsitzender: Das Wort hat der Vertreter der Reichs- und Staatsbehörden, Herr Staatsekretär Dr. Feyerabend.

Feyerabend, Berlin: Meine sehr geehrten Damen und Herren! Wiederum haben sich die Elektrotechniker unter Führung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker und der Vereinigung der Elektrizitätswerke zusammengefunden, um die vielgestaltigen Aufgaben, die Ihnen Ihr umfangreiches Arbeitsgebiet in wissenschaftlicher, technischer und wirtschaftlicher Beziehung in so reicher Fülle stellt, in harmonischer Arbeitsgemeinschaft zu fördern. Zugleich wollen Sie dabei auch allen Fachgenossen willkommene Gelegenheit bieten, in engerem Verkehr mit den Kreisen in persönliche Fühlung zu kommen, die unmittelbar oder mittelbar an der Nutznießung der Errungenschaften der Elektrotechnik am meisten interessiert sind. Es ist selbstverständlich, daß bei solcher Gelegenheit auch die Behörden des Reiches, der Länder und Gemeinden nicht fehlen dürfen, denn kein anderer Zweig moderner Technik berührt die Belange weitester Kreise der Bevölkerung und damit auch die Beziehungen zu den Organen des Staates inniger und vielseitiger als die Elektrotechnik. Die Reichsregierung und die Regierungen der Länder verfolgen daher die bedeutsamen Beratungen, die hier gepflogen werden sollen, mit lebhaftem Anteil. In ihrem Auftrage habe ich die Ehre, die Verbände, die sich zur Elektrotagung 1931 in Frankfurt a. M., in dieser schönen, betriebsamen und an stolzen Erinnerungen auch für die Elektrotechniker so reichen Stadt versammelt haben, herzlichst zu begrüßen und Ihnen allen zum Gelingen Ihrer Arbeiten den besten Erfolg zu wünschen. Damit darf ich zugleich den verbindlichsten Dank der hier vertretenen Behörden zum Ausdruck bringen für die freundliche Einladung zu den geplanten Veranstaltungen und für die liebenswürdigen Worte der Bewillkommnung, die die beiden Herren Vorsitzenden an die Vertreter der Behörden zu richten die Güte hatten.

Meine Damen und Herren, wir wollen in diesem Jahre nicht nur Gegenwarts- und Zukunftsprobleme behandeln, sondern wir wollen auch einmal Rückschau halten über das Geleistete und wollen dabei mit berechtigtem Stolz die Erinnerung feiern an bedeutsame Geschehnisse und hervorragende Taten, die zum Teil bis in die Kindheit der Elektrotechnik zurückreichen. Aber diese Taten liegen bei der märchenhaft schnellen Entwicklung unserer Technik doch noch so nahe, daß wir zu unserer großen Freude unter den Anwesenden noch manch einen begrüßen können, der persönlich an den Großtaten jener ersten Zeit beteiligt gewesen ist. Unter diesen steht an vorderster Stelle der Senior und Altmeister der Elektrotechnik, unsere hochverehrte Exzellenz Dr. Oskar von Miller, einstmals der technische Leiter der großen Internationalen Elektrotechnischen Ausstellung zu Frankfurt am Main vom Jahre 1891, die hauptsächlich durch sein glänzendes Wirken zum Markstein in der Entwicklung der Elektrotechnik geworden ist. Mit gutem Recht dürfen wir daher das 40jährige Jubiläum dieser Ausstellung hier festlich begehen. Es ist mir eine ganz besondere Ehre und Freude, aus diesem Anlaß Exzellenz von Miller, dessen Verdienste um unser Vaterland auch als Schöpfer des Deutschen Museums und als weitschauender und bahnbrechender Kraftwirtschaftler unauslöschlich sind, die herzlichsten Grüße der Reichsregierung übermitteln zu dürfen. (Lebhafter Beifall.) Herr von Miller wird uns selbst nachher aus seinem unerschöpflichen Wissens- und Erinnerungschatz Mitteilungen über die technische Bedeutung der Frankfurter Ausstellung machen. Ich darf ihm daher hier nichts vorwegnehmen. Dafür will ich die Gelegenheit, daß ich das Wort habe, dazu benutzen, um der Elektrotechnischen Gesellschaft Frankfurt am Main, deren goldenes Jubiläum wir ebenfalls feiern, in meiner Eigenschaft als derzeitiger Vorsitzender des Elektrotechnischen Vereins in Berlin, der einzigen Vereinigung von Fachgenossen der Elektrotechnik, die auf ein noch etwas längeres Leben zurückblickt, zum 50. Geburtstage auch von dieser Stelle aus die herzlichsten Glückwünsche des Brudervereins zum Ausdruck zu bringen. (Beifall.) Es ist das unvergängliche Verdienst der Elektrotechnischen Gesellschaft, schon in einem frühen Stadium ihrer Wirksamkeit den kühnen Gedanken der Veranstaltung der Frankfurter Ausstellung gefaßt und mit Energie und mit bestem Erfolge in die Tat umgesetzt zu haben.

Meine Damen und Herren, 50 Jahre sind in der Entwicklung menschlichen Schaffens, auch wenn sie sich so stürmisch vollzogen hat wie bei der Elektrotechnik, doch nur eine kurze Zeit. Lassen Sie mich daher nur für einen Augenblick flüchtig abermals 50 Jahre zurückschauen und feststellen, wie es vor 100 Jahren um unsere Wissenschaft und Technik bestellt war. Dann gelangen wir zur Geburtsstunde einer Tat, auf deren Auswirkung letzten Endes die ganze Elektrotechnik beruht. Am 29. August 1831 entdeckte der große englische Physiker Michael Faraday die elektromagnetische Induktion. Eine Großtat, um derentwillen dem großen Genius, der sie vollbrachte, Wissenschaft und Technik der ganzen Welt zu gegebener Zeit gebührend huldigen werden. Und vor 8 Tagen, am 13. Juni, war in den Annalen der Wissenschaft die hundertste Wiederkehr des Geburtstags von Maxwell verzeichnet, der Faradays Kraftlinientheorie mathematisch begründete und der der Schöpfer der elektromagnetischen Lichttheorie wurde. Mit dieser gab er unserem großen Landsmann Heinrich Hertz den Anstoß zu seinen berühmten Versuchen, die ihrerseits wieder Ewigkeitswerte für die Kultur der Menschheit zur Folge gehabt haben. Auch diesem Genius haben die Schöpfer der Frankfurter Ausstellung in prophetischer Vorahnung der kommenden Bedeutung seiner Versuche die erste große Huldigung dargebracht, indem sie die Apparate, die Hertz für seine Versuche ersonnen hatte, unter die bedeutsamsten Dokumente wissenschaftlicher Erkenntnis einreihten und unter diesen in der Ausstellung zum ersten Male zur allgemeinen Betrachtung stellten.

Sie sehen, meine Damen und Herren, das Jahr 1931 ist ein Jahr der Jubiläen erster Ordnung, und es sind in erster Linie die Elektrotechniker, die sich dieser Jubiläen freuen dürfen. Aber wir wollen doch darüber nicht vergessen, wieviel auch wir trotz allen Fortschritts der Nachwelt noch werden schuldig bleiben müssen. Darum möchte ich mir auch im Hinblick auf die schwere Not unseres Vaterlandes eine Mahnung zu eigen machen, der es angesichts der bedeutsamen Erklärung der beiden Herren Vorsitzenden eigentlich nicht bedarf, eine Mahnung, die schon bei der Eröffnung des Internationalen Elektriker-Kongresses in Frankfurt am Main im Jahre 1891 der große Generalpostmeister von Stephan den anwesenden Wissenschaftlern aus aller Welt zurief: „Lassen Sie uns nicht müde werden in der Arbeit, und setzen wir dem allzu resignierten Bekenntnis früherer Generationen, dem Bekenntnis des Ignorabimus — wir werden es nie wissen — das aufrichtende Motto einer neuen Zeit entgegen, ein Laboremus — lasset uns arbeiten!" (Lebhafter Beifall.)

Vorsitzender: Für die Stadt Frankfurt a. M. spricht Herr Oberbürgermeister Dr. Landmann.

Landmann, Frankfurt a. M.: Meine Damen und Herren! Herzlichen Dank und ebenso herzlichen Willkomm für Ihr Erscheinen in Frankfurt a. M. Wenn ich Ihre Versammlung betrachte, so darf ich wohl sagen: Sie kommen in eine Stadt der Elektrotechnik, nicht in dem Sinne, daß die großen Unternehmungen der Elektrotechnik in ihr hervorragend konzentriert wären, und auch nicht in dem Sinne, als ob allein in Frankfurt die Wissenschaft der Elektrotechnik ihre Stätte fände, aber in dem Sinne, daß Frankfurt am Fußpunkt des Aufstieges der deutschen Elektrowirtschaft gestanden hat, und daß die Ereignisse, die damals den Anlauf und Anfang bildeten, unvergeßlich in Ihren Reihen sowohl wie in dem Gedächtnis der Bürger der Stadt Frankfurt haften. Unvergeßlich in Ihrem Gedächtnis —, das beweist die Tatsache, daß Sie gekommen sind, um die 50-Jahr-Feier der Elektrotechnischen Gesellschaft der Stadt Frankfurt mit zu feiern, und ich wüßte mir keine höhere Ehrung, die dieser Gesellschaft zuteil werden könnte und den Männern, die sie gegründet haben und die heute noch an ihrer Spitze stehen, daß die Fachgenossen aus aller Welt herbeieilen, um ihr ihre Glückwünsche zu Füßen zu legen und durch ihr Erscheinen den Wert und die Bedeutung dieser Gesellschaft vor aller Welt zu demonstrieren. Es ist wie ein Nachtusch, wenn ich hier an dieser Stelle auch namens der Stadt Frankfurt den Männern, die heute noch diese Gesellschaft führen, und vor allen denen, die bei ihrer Gründung mitwirkend waren, wie dem ehrwürdigen Herrn Montanus und Herrn Prof. Salomon, auch an dieser Stelle den Dank der Stadt Frankfurt ausspreche.

Aber, meine sehr geehrten Damen und Herren, das größte Ereignis im Entwicklungsgange Ihrer Industrie war doch die Ausstellung des Jahres 1891. Durch alle Reden klang es doch hindurch, daß sie im Mittelpunkt der Geschehnisse steht, die Sie als wirkend und fortzeugend für Ihr Schaffen erkannt haben, und darum geziemt es sich mir, als dem Oberbürgermeister dieser Stadt, auch an dieser Stelle noch der Männer zu gedenken, die diese große Tat vollbracht und die es bewirkt haben, daß Frankfurt mit

dem Aufstieg der deutschen Elektrowirtschaft unauflöslich verbunden ist. Diese Tat ist eine Tat der freien Geister gewesen, eine Tat, in der sich Verwaltung, öffentliche Wirtschaft, freier Bürgersinn und die geniale Führung eines genialen Fachmannes zusammenfanden. Die Männer, die damals auf seiten der Stadt dieses bahnbrechende Ereignis mit heraufführen halfen, Miquel und Adickes, sie deckt ebenso der grüne Rasen wie den begeisterten Förderer alles Neuen, Zukunftbedeutenden, einen der besten Bürger, den die Stadt Frankfurt je gehabt hat, Leopold Sonnemann.

Aber einer ist geblieben, der wie ein Hüne aus der Vorzeit herüberragt, in unvermindertem Schaffensdrang, Exzellenz von Miller. Meine Damen und Herren, seine Verdienste zu feiern, seine Bedeutung in die Tiefe und in die Breite zu erschöpfen, dessen bedürfte eines anderen Mundes als des meinigen, aber daß wir, die Stadt Frankfurt, jene Tat als eine der Großtaten in der geschichtlichen, wirtschaftlichen Entwicklung der Stadt Frankfurt und der Wissenschaft, die in ihr gepflegt wird, betrachten, dafür möchte heute die Stadt Frankfurt an dieser bedeutenden Stelle laut Zeugnis ablegen, und darum hat der Magistrat beschlossen, die Bürgerkrone der Stadt Frankfurt, die Ehrenplakette der Stadt Frankfurt Exzellenz von Miller zu verleihen und eine Straße nach seinem Namen zu benennen zur dauernden Erinnerung für die kommenden Geschlechter. (Lauter anhaltender Beifall. Händeklatschen.)

Meine Damen und Herren, wir wissen, daß wir mehr als den Geehrten uns selbst, die Stadt Frankfurt, durch diese Verleihung ehren, denn was wir anerkennen wollen und was weiterhin erklingen möge, ist, daß wir in Exzellenz von Miller vor allen Dingen den großen Menschen ehren, den Mann, der in persönlicher Bescheidenheit und in Selbstlosigkeit ungeahnter Art den Typus des Deutschen verwirklicht, wenn man darunter denjenigen versteht, der sagt: Deutsch sein heißt einer Sache dienen! (Bravo.) Und wir ehren in ihm den Bahnbrecher, den Förderer, den Schöpfer, der in großzügigen Konzeptionen sowohl der Erschließung der Energiequellen wie ihrer weithin ragenden Entwickelung Bahnen und Wege gewiesen hat.

Wer wie er auf Großtaten hinblicken kann, wie die Gründung des Deutschen Museums, der ist erhaben über die Ehrung, die wir ihm verleihen können, denn sein Name ist unauslöschlich verbunden mit der deutschen Geschichte der Gegenwart. (Lebhafter Beifall.) Aber daß wir diesen seinen Wert, diese Repräsentanz seines Wirkens für unser Zeitalter als eine der höchsten und wertvollsten erkannt haben und würdigen dürfen, das ist die stille, aber die stolze Freude, die die Stadt Frankfurt a. M. empfindet.

Mögen die Gaben, die er in seiner Person vereinigt, Selbstlosigkeit für die Person, nie ermüdende fleißige Hingabe an die Sache, mögen sie Wahrzeichen sein für die Arbeit nicht nur der Elektrotechnik, sondern der deutschen Wissenschaft, Kunst und Wirtschaft. Möge in diesem Sinne die Elektrotechnik wegweisend, erleuchtend, Licht und Kraft spendend sein für die trübe Gegenwart und ein kommendes Geschlecht.

Lassen Sie mich in diesem Zeichen — ein edleres gibt es nicht — Sie hier in Frankfurt willkommen heißen, und seien Sie bedankt dafür, daß Sie in diesem Zeitpunkt uns durch Ihr Erscheinen geehrt haben.

(Starker anhaltender Beifall.)

(Fortsetzung folgt.)

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

SITZUNGSKALENDER.

Elektrotechnische Gesellschaft Halle a. S. (gemeinsam mit dem VDI). 24. IX. 1931, abds. 8¼ h, Stadtschützenhaus Halle: Vortrag Betriebsdir. Kreyssig, „75 Jahre Verein deutscher Ingenieure" (m. Vorf. des VDI-Films).

Oberschles. Elektrotechn. Verein, Hindenburg. 23. IX. 1931, nachm. 5 h, Büchereisaal der Donnersmarckhütte: Vortrag Dipl.-Ing. K. Vogl, „Wirtschaftlichkeit der Beleuchtung in der Industrie".

Pomm. Elektrotechn. Verein Stettin. 18. IX. 1931, abds. 8¼ h, Konzerthaus: Vortrag Obering. Dahl, „Versuchsanlage für Atomzertrümmerungen auf dem Monte Generoso".

Schiffbautechnische Gesellschaft, Berlin (gemeinsam mit der Brennkrafttechnischen Gesellschaft und der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Luftfahrt): 24. IX. 1931: Sprechabend in Hamburg. Auskunft erteilen die Geschäftsstellen: Berlin W 35, Blumeshof 17, bzw. Berlin W 9, Potsdamer Str. 19, bzw. Berlin W 35, Blumeshof 17.

LITERATUR.

Besprechungen.

Grundsätzliches und Tatsächliches zu den Elektrizitätswirtschaften in Europa. Von Dr. J. Legge mit einem Vorw. v. Prof. R. Schneider. Mit 20 Karten, 2 Topographien, XI u. 206 S. in 8⁰. Verlag Gebr. Lensing, G. m. b. H., Dortmund 1931. Preis geb. 8,70 RM.

Der Verfasser selbst bezeichnet sein Werk als Versuch, die Elektrizitätswirtschaften Europas kurz zu charakterisieren und ihre Entwicklungstendenzen aufzuzeigen. Dieser Versuch ist als durchaus gelungen zu bezeichnen. Der erste Abschnitt bringt eine Einführung für denjenigen Leserkreis, für welchen die Arbeit wohl vorwiegend gedacht ist: den der technisch interessierten Laien, insbesondere also der in öffentlichen wie privaten Industrieunternehmungen beschäftigten Volkswirtschaftler und Juristen. Dem technischen Teil der Einführung wäre dementsprechend noch weitergehende Allgemeinverständlichkeit zu wünschen gewesen. Der Abschnitt „Tatsächliches" behandelt in ausgezeichnet übersichtlicher Anordnung sämtliche europäischen Staaten. Die Beschränkung des zur Verfügung stehenden Raumes nötigte den Verfasser, die Staaten mit hochentwickelter Elektrizitätswirtschaft weit oberflächlicher zu behandeln als jene, die noch am Anfang ihrer elektrizitätswirtschaftlichen Entwicklung stehen, so daß hier nur die größten und bedeutendsten Unternehmungen erwähnt, dort aber z. T. zwerghafte Anlagen geschildert werden. Es ist dies im Interesse des technisch nicht vorgebildeten Lesers zu bedauern, der hierdurch zu falschen Schlüssen kommen kann. Im Abschnitt „Grundsätzliches" wird das dem Fachmann geläufige Thema „Verbesserung der Wirtschaftlichkeit durch Vermehrung der Anwendungsgebiete der Elektrizität, durch geeignete Tarife und durch Verbundwirtschaft" diskutiert, wobei besonders auch auf die „bezirklich übernationale Verbundwirtschaft" eingegangen wird, d. h. die Stromein- und -ausfuhr in den Grenzgebieten. Sodann werden Finanzprobleme behandelt und die für Europa maßgebenden Holdinggesellschaften übersichtlich zusammengestellt, schließlich die mit der Konzentrationsbewegung zusammenhängenden Personalfragen erwähnt.

Alles in allem genommen, ist der Verfasser seiner sehr weit gesteckten Aufgabe mit Geschick gerecht geworden. Das umfangreiche Quellenverzeichnis sowie der Abdruck sonst schwer zugänglicher Gesetzes- und Vertragsbestimmungen in Fußnoten und Anhang sind eine verdienstliche Arbeit, die auch vom technischen Elektrowirtschaftler begrüßt werden wird. v. Livonius.

Zeitgemäßes Kochen. Eine Anleitung für die elektrische Kochweise. Von H. Margis. Mit 36 S. in 8⁰. Verlag Horst Weber, Leipzig 1931. Preis geh. 0,75 RM.

Die Bedienung des elektrischen Herdes ist verhältnismäßig einfach. Wenn die Verfasserin ein „elektrisches Kochbuch" herausgab, so geschah es, um bei den Leserinnen in den ersten Wochen ihrer Praxis von vornherein die geringste Enttäuschung infolge Unkenntnis der Geräte zu verhüten und Wege zur Ersparnis an Strom und Zeit anzugeben. Die Rezepte beziehen sich, um allen Verhältnissen gerecht zu werden, auf eine Zahl von 2...8 Personen. Für die Herstellung der Speisen ist ein Zwei- oder Dreiplatten-Herd mit einer regelbaren Röhre zugrunde gelegt. Wertvoll ist die bei jedem Menü gemachte Zeitangabe, wobei darauf geachtet wurde, daß nicht nur die jeweilig notwendige Stufe der Wärme eingeschaltet, sondern auch die vorhandene Wärme in weitestem Maße ausgenutzt wird. Das Büchlein mit seinen nützlichen und vom küchentechnischen Standpunkt interessanten Mitteilungen und Vorschlägen ist berufen, die Freude der Hausfrau an ihrer Hausarbeit zu steigern. W. Kraska.

The principles of electric power transmission by alternating currents. Von H. Waddicor. 2. Aufl. Mit 155 Abb. i. Text, XIX u. 419 S. in 8°. Verlag Chapman & Hall, Ltd., London 1930. Preis geb. 21 s.

Der Verfasser des vorliegenden Buches hat es sich zur Aufgabe gestellt, die über das Thema in der Fachliteratur zahlreich erschienenen Veröffentlichungen zu einer einheitlichen Darstellung des gesamten Gebietes zu verarbeiten. Neben den theoretischen Erörterungen der elektrischen Energieübertragung kommt auch die praktische Ausführung der Übertragungsmittel und die Ausgestaltung der verschiedenen Schutzapparaturen zur Sprache, so daß es bei der Fülle des Materials nur möglich war, in knapper Form die wesentlichen Grundlagen zu bringen. Als Einführungswerk mit dem Ziel, einen allgemeinen zusammenhängenden Überblick über die Probleme und ihre grundsätzlichen Lösungen zu vermitteln, erfüllt das Buch durchaus seinen Zweck. Dem speziell interessierten Leser, für den manche Frage offen gelassen wird, ist durch eingehende Literaturangaben, die vornehmlich auf amerikanischen Veröffentlichungen fußen, die Möglichkeit gegeben, sich eingehender mit den behandelten Fragen zu beschäftigen.

Nach einem allgemeinen wirtschaftlichen Vergleich der verschiedenen Wechselstromsysteme wird zunächst die Berechnung der Leitungsinduktivitäten und -kapazitäten erörtert, um daran anschließend die Strom- und Spannungsverhältnisse auf kurzen und langen Leitungen, von vereinfachenden Ersatzschemata ausgehend, bis zur genauen Bestimmung mittels hyperbolischer Funktionen zu behandeln. Grundsätzlich ist bei diesen Erörterungen die Berücksichtigung der Transformatoren zu vermissen. Ihr Einfluß auf die Ströme und Spannungen ist bekanntlich so groß, daß die Betrachtung der Leitung allein zur Beurteilung des Gesamtübertragungsproblems nicht ausreicht. Insbesondere gilt dies für die Behandlung der Spannungsregelung. Gleichzeitig fällt hier auf, daß der Verfasser die Anwendung von Phasenschiebern eingehend behandelt und empfiehlt, die Lösung der Frage durch Regelungs- und Stufentransformatoren dagegen nur ganz kurz im negativen Sinn erwähnt, obwohl letztere sich in allen Ländern besonders aus wirtschaftlichen Erwägungen heraus einer stark zunehmenden Anwendung erfreuen.

An die theoretischen Erörterungen schließen sich dann mehr praktische Ausführungen über die Auswahl und Konstruktion der Leiter, Maste und Isolatoren an. Der Konstruktion von Kabeln mit näheren Angaben über ihre Belastbarkeit und dielektrischen Verluste ist ein weiteres Kapitel gewidmet. Die wirtschaftliche Seite der Übertragungen, Untersuchungen über den günstigsten Querschnitt und die günstigste Übertragungsspannung, sind kurz aber sehr übersichtlich auseinandergesetzt. Bei der Besprechung der Relaisfrage für Überstrom-, Kurzschluß- und Erdschlußschutz wird bei der sonst im Rahmen des Buches eingehenden Behandlung der verschiedensten Apparaturen und Anordnungen die Übergehung des Distanzschutzes als Lücke empfunden. Wenn auch in England der Merz-Price-Schutz der beliebteste Relaisschutz ist, so wird nach den Berichten auf der 2. Weltkraftkonferenz auch hier mit Rücksicht auf die größer werdenden Entfernungen die Anwendung des Distanzschutzes erforderlich, so daß eine kurze Behandlung als sehr wünschenswert erscheint. Sehr einfach und für den Gebrauch in der Praxis brauchbar scheint die im Zusammenhang mit der Kurzschlußfrage gegebene Methode zur schnellen Bestimmung der Kurzschlußströme zu sein. Das Kapitel Überspannungschutz berücksichtigt die neuesten Erfahrungen und Ableiterkonstruktionen. Bezüglich der Frage: geerdeter oder nichtgeerdeter Sternpunkt wird nachdrücklich der amerikanische Standpunkt vertreten, dem wir nach unseren deutschen Erfahrungen nicht beipflichten können. Das am Schlusse des Buches angereihte anschauliche Kapitel über die Leistungsgrenzen der elektrischen Übertragungen wäre zweckmäßiger an die anfänglich theoretischen Erörterungen angeschlossen worden, da es mit diesen in engem Zusammenhang steht. Die hier vorgenommene Berücksichtigung der Transformatoren hätte dann leicht auch auf die Behandlung der Strom- und Spannungsverhältnisse der Leitung Anwendung finden können. W. von Mangoldt.

Atom und Kosmos. Das physikalische Weltbild der Gegenwart. Von Prof. H. Reichenbach. Mit 21 Abb. u. 323 S. in kl. 8°. Verlag Deutsche Buch-Gemeinschaft G. m. b. H., Berlin 1930. Preis geb. 4,90 RM.

Reichenbachs Buch wendet sich an eine recht heterogene Lesergemeinde, an Nichtphysiker, und setzt „irgendwelche Kenntnisse schulmäßiger Art“ nicht voraus; trotzdem will der Verfasser „einen Einblick in physikalisches Denken und einen Überblick über seine Ergebnisse vermitteln, ... zeigen, wie sich heute die physikalischen Theorien zu einem Bild der Welt gefügt haben“. Er muß also gerade die neuesten Theorien des Raum-Zeit-Begriffs, der Strahlung und der Materie entwickeln und die aus ihnen fließenden Folgerungen verständlich machen, muß in einem nicht vorgebildeten Leser Vorstellungen zu wecken verstehen, die oft der Jahrtausende alten Denkgewohnheit widersprechen.

Reichenbach hat diese Aufgabe vorbildlich gelöst. Nicht nur ist jeder Satz klar und überzeugend, der Gedankenaufbau lückenlos, die Sprache formschön, sondern der Leser spürt auch die Begeisterung des Verfassers für seine Sache und wird von dieser unbedingt mitgerissen.

Es ist betrüblich, daß die Physik auch heute noch von der großen Masse der Gebildeten lediglich als Fachwissenschaft betrachtet wird und bei weitem nicht die Rolle spielt, die ihr als Kern einer Weltansachuung zukommt. Hoffentlich findet das Reichenbachsche Buch weite Verbreitung auch außerhalb der „Buch-Gemeinschaft“; es ist wie kaum ein anderes geeignet, dem genannten Übelstand abzuhelfen. Nicht zuletzt finden sich unter den Ingenieuren sehr viele, die die neueren physikalischen Erkenntnisse kaum dem Hörensagen nach kennen, andere, die sich gern mit den neuen Gedanken vertraut machen würden, denen aber Zeit und Kenntnisse fehlen, um sich durch den Wust der Fachliteratur selbst hindurchzuarbeiten. Ihnen allen sei das Buch von Reichenbach bestens empfohlen; sie werden es nicht aus der Hand legen, ohne die gewünschte Kenntnis gewonnen und reichen geistigen Gewinn davongetragen zu haben. G. H. Winkler.

Härten und Vergüten. Teil 1: Stahl und sein Verhalten. Von Dr.-Ing. E. Simon. 3. völlig umgearb. u. verm. Aufl. (Werkstattbücher H. 7.) Mit 91 Abb. i. Text u. 8 Tab. u. 70 S. in 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1930. Preis kart. 2 RM.

Das gutbekannte Werkstattbuch „Härten und Vergüten“ 1. Teil (Stahl und sein Verhalten) liegt in 3. Auflage vor und bringt in seiner stark umgearbeiteten und verbesserten Form sehr klar und deutlich so viel Neues und Fortschrittliches aus der Wissenschaft vom Stahl, wie der Betriebsmann und auch der Konstrukteur kennen sollte. Die neue Bearbeitung hat als Einleitung einen geschichtlichen Rückblick über die Entwicklung der Herstellungsverfahren der vielen Arten von Stahl. Es folgen dann in angenehmer Kürze 8 Abschnitte über Eigenschaften des Stahles — Einteilung, Bezeichnung nach DINorm — Gefügeaufbau des Stahles, Kristall und Raumgitter — Glühen — Härten und Vergüten — Einsatzhärten durch Zementieren — Härten durch Nitrieren — Legierte Stähle, deren Wesen und Anwendung — Baustähle — Legierte Werkzeugstähle — Formveränderungen und Spannungen infolge von Temperaturunterschieden. Dies Büchlein ist auf die Praxis eingestellt und bringt nur die wichtigsten theoretischen Begründungen in gedrängter, aber leicht verständlicher Form. Aber auch dem Konstrukteur wird dieses kleine Werk viel Wissenswertes geben. — Druck und Ausführung sind sehr gut. In keiner Werkstattbücherei, in keinem Konstruktionsbüro darf dieses vorzüglich geschriebene Buch, dem die weiteste Verbreitung zu wünschen ist, fehlen. H. Becker.

Eingegangene Doktordissertationen:

Gerhard Simon, Untersuchungen über den spez. Widerstand einiger hochfeuerfester Erdoxyde bei hohen Temperaturen unter besonderer Berücksichtigung ihrer Verwendbarkeit als Widerstandsmaterial im elektrischen Ofen. Bergakademie Freiberg 1930.

A. Johannes Krutzsch, Überlagerung von Wechsel- und Gleichspannungsfeldern zur elektrischen Gasreinigung. Bergakademie Freiberg 1930.

Hermann Vogler, Die Untersuchung dielektrischer Verluste flüssiger Isolierstoffe bei kurzen Wellen mit dem Kalorimeter. T. H. Braunschweig 1931. (El. Nachr. Techn. Bd. 8, S. 197.)

Siar-Hong Whang, Über den Einfluß oberflächenaktiver Stoffe sowie von Elektrolyten bei Berücksichtigung beider Ionenarten auf die elektrophoretische Wanderungsgeschwindigkeit lyophober Sole. T. H. Berlin 1930. (Erscheint auch in den Kolloidchem. Beiheften Bd. 32, H. 5 bis 6.)

Kurt Wißmann, Berechnung und Konstruktion von Zahnrädern für Krane und ähnliche Maschinen. T. H. Berlin 1930.

Friedrich W. Zürcher, Die elastischen Wirkungen der Puffer bei dem Betrieb von Eisenbahnzügen. T. H. Berlin 1931.

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Der elektrotechnische Spezialhandel Deutschlands im 1. Halbjahr 1931[1]. — Nach der Darstellung des Statistischen Reichsamts in der Gruppeneinteilung des Internationalen Warenverzeichnisses ergibt sich für das erste Halbjahr 1931[2] beim Vergleich mit derselben Periode des Vorjahres, daß sich die Einfuhr elektrischer Maschinen einschl. der Teile (M) um 5432 dz (33 %) bzw. 1,350 Mill RM (27 %) und deren Ausfuhr um 55 675 dz (28 %) bzw. 14,823 Mill RM (26 %) verringert haben. Der Import elektrotechnischer Erzeugnisse (E) weist eine Abnahme um 3506 dz (19 %) bzw. 1,334 Mill RM (8 %) und ihr Export einen Rückgang um 80 899 dz (13,5 %) bzw. 36,441 Mill RM (16 %) auf. Die Verteilung der Mengen und Werte des Spezialhandels auf die einzelnen Länder ist aus folgender Übersicht zu ersehen:

Länder		Einfuhr aus		Ausfuhr nach	
		Mengen dz	Werte 1000 RM	Mengen dz	Werte 1000 RM
Ägypten	M	8	2	445	128
	E	4	3	5 973	899
Argentinien	M	39	17	6 786	1 709
	E	11	7	60 896	10 199
Austral. Bund	M	—	—	44	31
	E	6	12	675	600
Belgien, Luxembg.	M	237	82	4 811	1 646
	E	2 356	413	16 270	8 730
Belg. Kongo	M	—	—	22	12
	E	—	—	48	39
Brasilien	M	4	2	601	165
	E	16	20	3 638	1 345
Brit. Indien	M	5	2	2 350	732
	E	21	20	10 949	2 692
Brit. Südafrika	M	—	—	1 094	306
	E	12	8	7 162	2 024
Brit. Westafrika	M	—	—	1	1
	E	—	—	56	22
Bulgarien	M	17	6	304	95
	E	14	10	666	409
Chile	M	4	1	4 402	907
	E	28	10	6 147	2 095
China	M	1	2	2 929	659
	E	2	3	5 937	2 362
Dänemark	M	77	49	1 365	500
	E	192	254	15 074	5 653
Danzig	M	21	5	461	175
	E	39	75	2 523	1 142
Estland	M	—	—	1 406	287
	E	18	23	2 748	556
Finnland	M	34	8	1 096	314
	E	68	73	9 254	2 476
Frankreich	M	364	142	22 067	6 036
	E	682	667	15 319	11 618
Franz. Westafrika	M	—	—	4	8
	E	—	—	3	2
Griechenland	M	2	1	1 125	293
	E	18	21	8 044	2 473
Großbritannien	M	334	208	1 869	993
	E	1 382	1 005	45 698	16 906
Guatemala	M	—	—	65	19
	E	—	—	118	56
Irisch. Freistaat	M	—	—	1 321	224
	E	22	4	3 174	1 021
Italien	M	233	95	3 917	1 605
	E	399	336	10 132	9 931
Japan	M	10	5	797	409
	E	10	20	6 282	2 581
Jugoslawien	M	8	3	1 455	436
	E	18	21	6 085	4 274
Kanada	M	7	20	10	11
	E	11	9	1 274	258
Kolumbien	M	46	8	72	31
	E	12	2	510	354
Lettland	M	2	1	829	211
	E	112	41	5 813	1 255
Litauen, Memel	M	1	1	445	101
	E	12	10	1 249	664
Mexiko	M	—	—	1 182	268
	E	—	—	1 281	376
Niederlande	M	1 348	426	9 921	2 892
	E	1 596	3 256	100 310	22 395
Niederl. Indien	M	45	15	1 937	534
	E	26	12	9 861	2 748
Norwegen	M	57	11	2 437	657
	E	264	339	10 911	4 225
Österreich	M	423	197	2 011	991
	E	907	1 070	6 157	5 741
Polen	M	52	21	2 094	670
	E	171	135	3 554	3 431
Portugal	M	2	1	922	227
	E	2	1	2 786	937
Rumänien	M	90	21	1 192	372
	E	52	45	5 260	2 165
Saargebiet	M	2 600	622	2 209	609
	E	622	209	7 076	3 092
Schweden	M	144	69	3 275	1 111
	E	861	700	38 274	11 261
Schweiz	M	3 198	875	2 676	1 086
	E	1 163	1 237	16 142	8 553
Spanien	M	21	8	10 809	2 289
	E	71	77	9 215	4 315
Tschechoslowakei	M	164	59	3 214	1 425
	E	789	746	6 661	7 186
Türkei	M	3	1	3 130	723
	E	4	5	5 662	1 433
UdSSR	M	105	25	25 063	6 642
	E	10	11	14 016	8 162
Ungarn	M	17	11	397	224
	E	1 059	1 527	2 288	1 742
Uruguay	M	—	—	2 165	389
	E	4	4	9 693	1 471
Venezuela	M	—	—	146	41
	E	—	—	1 146	804
V. S. Amerika	M	1 362	585	334	157
	E	1 751	2 277	1 819	1 711

[1] Vgl. ETZ 1930, S. 1380; 1931, S. 463.
[2] Die Gesamtmengen und -werte wurden in der ETZ 1931, S. 1075, genannt.

Aus der Geschäftswelt. — Nach einer Mitteilung des Berl. Börs.-Cour. ist zwischen der Telefunken-Gesellschaft für drahtlose Telegraphie m. b. H. und der zur Gruppe Felten & Guilleaume gehörenden Süddeutschen Telefon-Apparate-, Kabel- und Drahtwerke AG., Nürnberg, ein Vertrag geschlossen worden, demzufolge der Vertrieb und demnächst auch die Fabrikation von Radioröhren bei Telefunken vereinigt werden und bei der Tekade dann nur noch die Erzeugung von Verstärkerröhren für Kinotonapparate und von Großverstärkerröhren verbleibt. Neben diesem für eine rationelle Regelung des Röhrenmarktes sehr bedeutungsvollen Abkommen sollen Verhandlungen ähnlichen Zwecks zwischen Telefunken und der Valvo G. m. b. H., Hamburg, schweben, deren Röhrenumsatz die genannte Quelle auf etwa die Hälfte des Telefunkengeschäfts schätzt und die der N. V. Philip's Gloeilampenfabrieken, Eindhoven, nahesteht. Im Fall der Verständigung käme aber bei der Valvo eine vollständige Aufgabe der eigenen Fabrikation nicht in Frage. Der Berl. Börs.-Cour. macht in diesem Zusammenhang darauf aufmerksam, daß die einschlägigen Patente 1934 ablaufen und dann ein hemmungsloser Wettbewerb zu erwarten sei, an dem sich auch die Amerikaner beteiligen würden. Das sei ein wichtiger Faktor zur Förderung des Verständigungswillens auf diesem scharfer Konkurrenz unterliegenden Gebiet. — Wie die Dt. Allg. Zg. schreibt, errichten die Telefunken G. m. b. H., Siemens & Halske und die Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft am 1. X. unter der Leitung des Oberingenieurs A. Clausing von S & H eine gemeinsame Entwicklungsstelle für Rundfunkempfänger, die verwaltungstechnisch zu Telefunken gehört. — Unter der Firma Ribau G. m. b. H., Relais und Instrumentenbau, Berlin, hat sich eine Gesellschaft gebildet, die ausschließlich die Fabrikation und den Vertrieb von Relais, Kontaktinstrumenten usw. betreibt.

Zur Beachtung.

Vom 1. Oktober des Jahres ab wird unsere Adresse lauten:

An die
Schriftleitung der Elektrotechnischen Zeitschrift
Charlottenburg 4,
Bismarckstraße 33.

Die Schriftleitung der ETZ.

Abschluß des Heftes: 12. September 1931.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 16 250 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

ETZ

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

INHALT

39. HEFT · 52. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9
(1213—1240) 24. SEPTEMBER 1931

Elektrotechnische Zeitschrift
(Zentralblatt für Elektrotechnik)
Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894
Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9
52. Jahrgang Berlin, 24. September 1931 Heft 39

Der elektrische Schiffsschraubenantrieb*.

Von Dr. P. Frh. v. Stritzl, London.

Übersicht. Es ist auffallend, daß im deutschen Schiffbau der elektrische Propellerantrieb bisher so gut wie gar keinen Eingang gefunden hat, während zahlreiche ausländische Reedereien und auch die Kriegsmarinen anderer Länder aus dessen Anwendung seit Jahren bedeutenden Vorteil schöpfen. Ebenso wie es verfehlt wäre, den elektrischen Schraubenantrieb allgemein als anderen Antriebsarten überlegen zu bezeichnen, ist es auch unrichtig, ihn deshalb allgemein abzulehnen, weil er sich in einem bestimmten Fall nicht als vorteilbringend erwiesen hat. Welcher Art die durch Einführung elektrischer Übertragung der Antriebskraft auf die Schraubenwelle erzielbaren Gewinne sind, und in welchen Fällen diese Antriebsart im Handelsschiffbau angewendet werden sollte, wird im nachstehenden Aufsatz, der die Einstellung eines bedeutenden Teiles der englischen Schiffahrt und Schiffbauindustrie wiedergibt, näher ausgeführt.

1. Arten des elektrischen Schiffsschraubenantriebes.

Zunächst hat man zu unterscheiden zwischen elektrischem Hauptantrieb, bei dem die gesamte Antriebsleistung einschließlich des für sonstige Zwecke an Bord benötigten Stromes in einem Kraftwerk erzeugt und durch Kabel dem bzw. den die Propeller treibenden Elektromotoren zugeführt wird, und zwischen elektrischem Zusatzantrieb, bei dem in hergebrachter Weise der Antrieb der Propellerwelle durch eine kalorische Maschine (z. B. durch eine Kolbendampfmaschine) erfolgt, deren Leistung nur durch einen zusätzlichen in den Wellenstrang eingeschalteten Elektromotor, welcher seinen Strom aus einem besonderen (z. B. von einer Abdampfturbine gespeisten) Generator erhält, verstärkt wird.

In beiden Fällen kann die Übertragung entweder mittels Gleichstroms oder aber mittels Wechselstroms bzw. Drehstroms erfolgen; es liegt auf der Hand, daß erstere Stromart in ihrer Anwendung auf kleinere Leistungen begrenzt ist, während sich Drehstrom als Übertragungsmittel selbst für größte Leistungen eignet.

Für die Durchbildung eines Antriebes maßgebend sind die Größe, Bauart und der Verwendungszweck des betreffenden Fahrzeuges. Die häufig angewendeten Haupttypen elektrischer Propellerantriebe sind die folgenden:

1. Turbo-elektrischer Hauptantrieb mit Drehstrom,
2. diesel-elektrischer Hauptantrieb mit Gleichstrom,
3. turbo-elektrischer Zusatzantrieb mit Gleichstrom oder Drehstrom.

2. Vor- und Nachteile des elektrischen Schiffsschraubenantriebes.

Daß der elektrische Antrieb an Betriebsicherheit trotz der nicht leichten Bedingungen an Bord keinem anderen nachsteht, hat die Erfahrung einwandfrei bewiesen. Ausschlaggebend für seine Anwendung werden demnach die durch ihn erzielbaren wirtschaftlichen Vorteile sein.

Eine oberflächliche Überlegung verleitet zu der Annahme, daß einerseits die Anlagekosten durch den Hinzutritt des kostspieligen elektrischen Zwischengliedes zwischen Antriebsmaschine und Propeller zweifellos wachsen und daß anderseits dieser Mehrausgabe keine Betriebsersparnisse gegenüberstehen können, da doch natürlich die Verluste der zweimaligen Energieumformung eine Erhöhung des Brennstoffverbrauches mit sich bringen müssen. Daß diese vielfach verbreitete Ansicht irrig ist, d. h. daß trotz des schlechteren Wirkungsgrades der elektrische Schraubenantrieb erhebliche wirtschaftliche Vorteile bringen kann, zeigt nichts besser als dessen steigende Verbreitung. Zahlentafel 1 enthält eine Zusammenstellung der elektrisch angetriebenen Kriegs- und Handelsschiffe, mit Ausnahme der Unterseeboote. In Zahlentafel 2 sind wissenswerte Einzelheiten einer Reihe neuerer Ausführungen von Handelsschiffsantrieben wiedergegeben.

Zahlentafel 1. Übersicht der bisher mit elektrischem Antrieb versehenen Schiffe (ohne U-Boote).

Erbaut in	Linienschiffe und Kreuzer		Handelsschiffe und sonstige Fahrzeuge mit turbo-elektrischem Hauptantrieb		diesel-elektrischem Hauptantrieb		turbo-elektrischem Zusatzantrieb	
	Anzahl	WPS	Anzahl etwa	WPS etwa	Anzahl etwa	WPS etwa	Anzahl	WPS etwa
V. S. Amerika	8	531 700	30	213 850	110	140 000	—	—
England	1	4 200	9	125 800	13	21 890	7 *	8900
Schweden	—	—	17	25 000	1	8 100	—	—
Frankreich	—	—	1	160 000	—	—	—	—
Italien	—	—	—	—	5	16 700	—	—
Deutschland	—	—	1	1 200	16	11 850 **	—	—
Insgesamt	9	535 900	58	525 850	145	198 540	7	8900

* Davon 1 Neubau, 6 Umbauten. ** Davon 13 mit 9000 WPS von der AEG.

Gesamtzahl der Schiffe mit elektrischem Antrieb: 219 mit rd. 1 269 190 WPS.

Die überragende Mehrzahl dieser Anlagen wurde in den V. S. Amerika von der General Electric Co. (GEC), in England von British Thomson Houston und Metropolitan Vickers ausgeführt; sämtliche Konstruktionen und Erfahrungen der genannten Firmen stehen auf Grund bestehender Austauschverträge für Deutschland der AEG zur Verfügung.

Um verschiedene Antriebsarten kritisch zu vergleichen, muß man sich davon frei machen, die Maschinenanlage eines Schiffes nur als solche zu betrachten. Vielmehr wird für eine Vergleichsbewertung das Verhalten des gesamten Schiffes maßgebend sein. Um also die einer Antriebsart innewohnenden Vorteile voll zur Geltung zu bringen, wird man Schiff und Maschinenanlage in Bau und

* Vgl. a. ETZ 1931. S. 846.

Zahlentafel 2. Technische Einzelheiten einiger Schiffe mit elektrischem Schraubenantrieb.

Name	Baujahr	Reederei	Elektr. Ausr.	Geschw. Sm.	Stromerzeuger			Propellermotoren				Hilfsstrombedarf		Verwendungszweck
					Zahl	je kW	V	Zahl	zus. WPS	n	Bauart	kW	Zweck	
1. Turbo-elektrischer Hauptantrieb.														
S. Benito	1921	Un. Fruit Co.	BTH	12,5	1	2 040	1100	1	2 500	100	Synchr	500	Kühlanl.	Fruchttransportschiff
Darien (ex La Marea)	1923/30	„	„	14,5	1	2 700	1200	1	3 300	125	„	500	„	Fruchttransportschiff
Kamoi	1922	Jap. Marine	GEC	15	1	6 500	2300	2	8 000	120	„			Öltankschiff
California	1929	Int. Merc. M.	„	16,5/18	2	6 600	4000	2	17 000	120	„			Passagierdampfer
Musa, Platano	1930	Elders Fyff.	BTH	16/18,5	1	5 500	2600	1	7000/7800	125	„	500	Kühlanl.	Bananentransportschiff
Viceroy of India	1930	P. & O.	„	18,5	2	9 000	3000	2	17 000	109	„			Passagierdampfer
Strathnaver, Strathaird	1931	„	„	22	2	10 700	3000	2	28 000	125	„			Passagierdampfer
2. Dieselelektrischer Hauptantrieb.														
M. O. P. 5. B. A.	1929	Arg. Min. ö. A.	MV	9,8	2	170	250	2×2	2×400	350	Gs. Ns.			Fähre
Brunswick / Winkler, Permian	1928 / 1931	Alt. Ref. Co.	BTH	11,2	4	600	4×250	1	2 800	95	„			Öltankschiffe
Cementcarrier	1930		GEC	9,2	2	360	440	1	775	95	„	780	Schnellentladevorrichtung	Zementtransportschiff
Lochfyne	1931	D. Mc. Brayne	MV	16	2	540	520	2	1340	438	„			Küstenverkehr
3. Turbo-elektrischer Zusatzantrieb.														
City of Hongkong	1924/29	Ellermann L.	MV	12	1	1 000	420	1	1 300	83	Gs.			Frachtdampfer

Betrieb einander anpassen müssen. Dies bedeutet durchaus nicht, daß der elektrische Antrieb dem Erbauer oder Führer eines Schiffes Beschränkungen auferlegt, im Gegenteil entfallen bei dieser Antriebsart eine Reihe von Beschränkungen, an die man bereits derart gewohnt war, daß ihr Aufgeben vielfach auf Widerstand stößt.

So zum Beispiel die Raumverteilung. Seit der Erfindung der Schiffsschraube mußten bestimmte Räume im Achterteil des Schiffes für die Maschinenanlage freigehalten werden. Ein langer Wellentunnel war erforderlich, der den Maschinenraum mit den Propellerstopfbuchsen verband. Bei Verwendung elektrischer Übertragung entfällt jede starre Verbindung, und die Anordnung der Maschinen kann freizügig gewählt werden. Es wird also wertvoller Schiffsraum für die Unterbringung von Fahrgästen oder Ladung frei, während die Maschinenanlage in für andere Zwecke weniger geeignete Räume verlegt werden kann, abgesehen davon, daß der Raumbedarf der Maschinenanlage bei elektrischem Antrieb an sich kleiner wird als bei mechanischer Übertragung.

Dies wieder hat seine Ursache vornehmlich in der Möglichkeit, die Drehzahl der Stromerzeuger ohne Rücksicht auf diejenige der Propellerwelle nur vom Gesichtspunkte höchster Wirtschaftlichkeit möglichst hoch zu wählen. Auch braucht beim Bau der Antriebsmaschinen nicht auf Stöße beim Anfahren oder Umsteuern oder beim Berühren eines Fremdkörpers durch einen Propellerflügel Rücksicht genommen zu werden, da der elektrische Antrieb ein elastisches Zwischenglied bildet. Diesem letzteren Umstand ist eine weitgehende Schonung der Hauptmaschinen bei elektrischer Übertragung zu verdanken, die je nach der Bauart Drehzahländerungen der Propellerwelle nicht (bei Ward-Leonard-Schaltung) oder nur in beschränktem Maße (bei Drehstrom), Änderungen der Drehrichtung überhaupt nicht mitzumachen brauchen. Hierdurch ergeben sich bedeutend kleinere, leichtere, billigere, wirtschaftlichere und betriebsicherere Bauarten der Hauptmaschinen. Hilfseinrichtungen für deren Anlauf unter Last entfallen. Turbinen können mit wesentlich kleinerer Stufenzahl und ohne besondere Rückwärtsturbine gebaut werden, wodurch die Zahl der erforderlichen Stopfbüchsen und damit deren Dampfverlust erheblich verringert wird. Weiter entfällt, wie bereits erwähnt, bei elektrischem Hauptantrieb die lange Propellerwelle mit dem Wellentunnel, da der Antriebsmotor fast unmittelbar vor der Stopfbuchse eingebaut werden kann.

Die Propellerdrehzahl kann ohne Rücksichtnahme auf den Antrieb so gewählt werden, wie sie sich rechnerisch als am günstigsten ergibt. Dies wird in vielen Fällen von unschätzbarem Wert sein.

Diesen und den später noch zu erwähnenden sonstigen Vorzügen stehen das Mehrgewicht und der Preis der elektrischen Ausrüstung gegenüber, wozu bei turbo-elektrischem Antrieb in gewissen Fällen noch ein kleines Mehr an Kesselleistung kommt, sofern nämlich die Verbesserung des Dampfverbrauches der Turbinen infolge günstigerer Bauart dem Wirkungsgrad der zweimaligen Energieumformung und elektrischen Übertragung nicht die Waage hält.

Besonders bei Passagierschiffen ist Schwingungsfreiheit von größter Wichtigkeit, und in dieser Hinsicht ist der elektrische Antrieb unbedingt überlegen. Schon der Entfall der langen Propellerwellen befreit das Schiff von einem der maßgebenden Schwingungserreger. Auch die bessere Gewichtsverteilung äußert sich in einer Verringerung der Vibrationen, vorausgesetzt natürlich, daß auf diesen Umstand bei der Auslegung und Anordnung der Antriebsmaschinen gebührend Rücksicht genommen wird. Ganz besonders bei schwerer See wird sich ein mit elektrischem Haupt- oder Zusatzantrieb ausgerüstetes Schiff durch ruhigen Gang auszeichnen, da die Drehzahlcharakteristik der verwendeten Synchron-, Asynchron- oder Gleichstrom-Nebenschlußmotoren ein Durchgehen der Schraubenwelle ausschließt. Diese Eigenschaft gestattet weiter eine Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit bei stürmischem Wetter und bewirkt Schonung der Maschinenanlage und zusätzliche Brennstoffersparnis.

Wie die Anordnung und Bauart der einzelnen Anlagenteile durch die Einführung des elektrischen Zwischengliedes voneinander weitgehend unabhängig werden, so bleibt auch die Aufteilung der Gesamtleistung auf eine beliebige Anzahl von Stromerzeugern und eine von dieser völlig unabhängige Propellerzahl freigestellt. Auch hiermit eröffnen sich dem Konstrukteur beträchtliche Möglichkeiten, Schiff und Antrieb dem Verwendungszweck besser anzupassen. Wo immer technisch die Möglichkeit dazu vorliegt, sollte mit jeder Hauptmaschine außer dem Hauptgenerator noch ein Gleichstromgenerator für Hilfsbedarf gekuppelt werden, so daß wenigstens in See keine besonderen Maschinensätze für den Hilfsbedarf in Betrieb zu sein brauchen.

Was den Wirkungsgrad der zweimaligen Energieumformung bei elektrischer Übertragung betrifft, so kann festgestellt werden, daß der neuzeitliche Elektromaschinenbau denselben derart hoch zu halten imstande ist, daß er gegenüber demjenigen mechanischer Getriebe nur um ein Geringes zurücksteht. Zahlentafel 3 zeigt die gemessenen Wirkungsgrade der elektrischen Einrichtung des P & O-Passagierdampfers „Viceroy of India"[1].

Zahlentafel 3. Wirkungsgrad des turbo-elektrischen Antriebes des „Viceroy of India".

Anzahl der im Betrieb befindlichen Stromerzeuger	WPS	Propellerdrehzahl %	η_{Gen} %	η_{Mot} %	Erregerverlust %	η_{total} %
2	17 000	109	96,65	97,49	1,0	93,55
1	11 600	96	97,10	97,10	1,2	94,00

Auf dem diesel-elektrischen Tankschiff „Brunswick" (2800 WPS) beträgt der Gesamtwirkungsgrad einschl. Erregerverlust 88 %.

Zahnradvorgelege gleicher Leistung hätten einen Wirkungsgrad von etwa 98 ... 99 %; wie bereits erwähnt, wird jedoch dieser Vorteil durch die günstigere Bauart der Turbinen wenigstens zum großen Teil wettgemacht, und ein Vergleich der Probefahrtergebnisse einiger neuerer englischer Passagierdampfer ähnlicher Größe zeigt, daß tatsächlich der „Viceroy of India" den direkt getriebenen Schiffen sogar noch etwas überlegen ist. Sämtliche Zahlen sind hierbei auf die Normalgeschwindigkeit der betreffenden Schiffe (beim „Viceroy of India" 18,5 Sm.) bezogen.

[1] Nach W. J. Belsey, Trans. of the I. N. A. 1930, S. 54.

Zahlentafel A. Probefahrtergebnisse einiger neuerer englischer Passagierdampfer.

Name	Admiralitätskoeffizient $\frac{D^{2/3} \cdot V^3}{WPS}$
Empress of Australia	293
Duchess of York	307
Empress of Canada	316
Viceroy of India	318

In Zahlentafel 4 bedeuten:
D die Wasserverdrängung in t,
V die Geschwindigkeit in Sm/h.

Der elektrische Antrieb bringt auch einige Eigenschaften mit sich, die direkt weder dem Fahrgast noch dem Reeder zugute kommen, aber dem Kapitän die Schiffsführung erleichtern und die Gefahr von Unfällen verringern. Nur wer selbst Turbinenschiffe geführt hat, kann die Bedeutung der vollen für die Rückwärtsfahrt verfügbaren Maschinenleistung und den Wert der durch die raschere Umsteuerung bei elektrischem Antrieb gewonnenen Sekunden würdigen. Auf dem „Viceroy of India" angestellte Versuche ergaben, daß bei Umsteuerung von voller Vorwärtsfahrt auf „Ganze Kraft zurück" dreißig Sekunden nach erteiltem Befehl die Motoren ihre Drehrichtung geändert hatten, und bis zum vollen Stillstand des Fahrzeuges insgesamt nur 2 min 10 s vergingen, während ähnliche direkt getriebene Turbinenschiffe für das gleiche Manöver mindestens 3 min benötigen würden. Bei dem gleichen Schiff kam die überlegene Manövrierfähigkeit dadurch zum Ausdruck, daß für das Durchfahren des Suezkanals, in welchem häufige Ausweich- und Stoppmanöver auszuführen sind, nur 11½ h benötigt wurden, während die kürzeste durch andere Dampfer der gleichen Linie bisher erzielte Durchfahrzeit 15½ h betrug. Ähnliche Verhältnisse liegen z. B. in den deutschen Flußmündungen vor. Ferner liefert der elektrische Antrieb die Möglichkeit direkter Steuerung von der Brücke aus, von der besonders bei Verwendung von Gleichstrom mit Vorteil Gebrauch gemacht wird.

Reparaturen an den Hauptmaschinen erfordern bei mechanischer Übertragung meistens die Stillsetzung der betreffenden Schraube, während bei elektrischem Antrieb, sofern die Leistung der Hauptmaschine wenigstens in zwei Einheiten unterteilt ist, sämtliche Schrauben im Betrieb bleiben können. Damit ist die Möglichkeit gegeben, auch größere Instandsetzungen, deren Durchführung selbst durch die einfachere und leichtere Bauart der Hauptmaschinen erleichtert ist, in See vorzunehmen, ohne die Manövriereigenschaften oder die Wirtschaftlichkeit des Schiffes während deren Dauer wesentlich zu beeinträchtigen; die damit erzielbare Verkürzung der Liegezeiten ist von nicht geringer Bedeutung.

Reparaturen an der elektrischen Einrichtung selbst können in der Regel mit Bordmitteln leicht durchgeführt werden, während derartige Arbeiten an einer hydraulischen Kupplung nur schwer und bei Rädergetrieben überhaupt nicht anders als im Hafen zu bewerkstelligen sind. Die gebräuchliche Ausführung der Propellermotoren mit zweiteiliger Statorwicklung bietet überdies die Möglichkeit, im Falle etwaiger Wicklungschäden den betroffenen Teil mit einem Griff abzuschalten und die Fahrt mit reduzierter Propellerleistung fortzusetzen.

Ein anderer Vorzug des elektrischen Propellerantriebes ist seine Fähigkeit, die aufgenommene Leistung genau zu messen; auf dem „Viceroy of India" wurde auf diese Art vor kurzem ein Propellerschaden aufgedeckt, der sonst gewiß lange Zeit unbemerkt geblieben wäre.

Nach diesen allgemeinen Vorbemerkungen soll nunmehr auf die drei eingangs erwähnten Antriebsarten eingegangen werden. *(Schluß folgt.)*

Versuche über Maschinenregelung und Parallelbetrieb in den Großkraftwerken Hirschfelde und Böhlen*.

II. Anordnung und Art der Durchführung der Versuche.

Von **K. Kühn**, Dresden.

(Fortsetzung von S. 1189.)

Messung der Reglermuffen- und Ventilstellungen.

Zur Übertragung der Stellung der Reglermuffen und der Ventile wurden nach der in Abb. 18 unter *a)* dargestellten Schaltung besondere Meßdrähte angeordnet, deren Schleifkontakt K mit dem beweglichen Teil der Maschine, dessen Bewegung untersucht werden sollte, fest verbunden wurde (Abb. 19 und 20). Um möglichst genau das Arbeiten der Regler und Ventile verfolgen zu können, war anzustreben, die Wege proportional auf die Oszillogramme zu übertragen. Das bedingt, daß der Hilfstrom konstant bleibt. Es muß also der Widerstand des Meßdrahtes klein gegenüber dem Vorschaltwiderstand sein, damit die Widerstandsänderung im Kreis des Hilfstromes bei Änderung der durchflossenen Länge des Widerstandsdrahtes möglichst klein bleibt (bei den Versuchen betrug das Verhältnis rd. 1 : 50). Bei der Wahl des Widerstandes des Meßdrahtes mußte darauf Rücksicht genommen werden, daß die Zuleitungen von der Meßstelle bis zum Oszillographen zum Teil recht lang waren und infolgedessen im Vergleich zur Schleife einen beachtlichen Widerstand hatten. Der Widerstand mußte also entsprechend groß gewählt werden, um an dem Meßdraht eine Spannung zu erzielen, die bei den gegebenen Widerständen im Meßkreis den gewünschten Strom und damit den gewünschten Ausschlag der Schleife hervorrufen konnte. Das Verhältnis zwischen dem Strom der Oszillographenschleife und dem Hilfstrom muß zur Erhöhung der Meßgenauigkeit recht klein sein. Bei einem gegebenen Strom der Schleife ergibt sich somit ein bestimmter Wert für den Hilfstrom. Es wurde ein Verhältnis von rd. $^1/_{10}$ ... $^1/_{50}$ gewählt. Der Leistungsverbrauch einer solchen Meßstelle war mit rd. 400 W schon groß, so daß sich bei der großen Zahl der gleichzeitig zu betreibenden Meßstellen eine schon immerhin hohe Belastung für die Batterie ergab. Um für mehrere Meßstellen den gleichen Hilfstrom verwenden, die Meßstellen also in Reihe schalten zu können, wurde die auf Abb. 18 unter *b)* angegebene Anordnung gewählt. Hier ist ein Kompensationsdraht vorgeschaltet, so daß bei Vergrößerung des Widerstandes im Meßdraht ein entsprechender Betrag im Kompensationsdraht wegfällt. Die Bewegung des Schleifkontaktes auf dem Meßdraht bringt hier keine Veränderung des Widerstandes im Kreis des Hilfstromes. Die Genauigkeit der Einrichtung wurde dadurch erhöht. Diese Einrichtung hat weiter noch den Vorteil, daß für die Oszillographenschleife die Spannung, wenn der Schleifkontakt über die Mitte der Meßeinrichtung fährt, umgepolt wird. Hierdurch kann der Ausschlag der Oszillographenschleife nach beiden Seiten hin ausgenutzt werden, wodurch die Ablesegenauigkeit im Oszillogramm erhöht wird. Diese Einrichtung war so eingerichtet, daß sie neben den Maschinen aufgestellt werden konnte (Abb. 21). Der Schleifkontakt K wurde dann mit dem zu untersuchenden beweglichen Teil der Maschine durch ein Stahlseil, ein Stahldrähtchen oder eine Indikatorschnur verbunden, die je nach den Verhältnissen über eine oder mehrere Rollen geführt wurde. Es war so möglich, diese Einrichtung während des Betriebes der Maschinen ohne weiteres an- und abzubauen und auch für den Versuch einzustellen.

Die Zahl der bei den einzelnen Maschinen anzubringenden Meßstellen war sehr verschieden. Für die Messung der Reglerbewegung kam durchweg nur eine Meßstelle in Frage. Sehr unterschiedlich dagegen waren die Verhältnisse bei den Ventilen. Bei den Maschinen, bei denen alle Ventile durch eine gemeinsame Welle gesteuert

* Teil I „Überblick über Veranlassung, Zweck und Ergebnisse der Versuche" siehe ETZ 1931, S. 791.

werden, war nur eine Meßeinrichtung an dieser Welle erforderlich. Bei Maschinen, bei denen zwei Reihen von Ventilen mit zwei getrennten Wellen vorhanden waren, wurde an beiden Wellen gemessen. Dies war auch berechtigt, da, wie die Versuche gezeigt haben, die Ventilwellen, obwohl sie vom gleichen Regler beeinflußt werden, nicht gleichmäßig einsetzen. Es gab dann weiter Maschinen, die mit 2 Regelventilen und einer von einer besonderen Welle gesteuerten Reihe Düsenventile ausgerüstet waren. Auch hier wurde zunächst, um das Zusammenarbeiten der einzelnen Ventile genau zu beobachten, neben der Welle der Düsenventile auch jedes Regelventil mit einer Meßstelle versehen. Nur so weit die Bewegung der beiden Regelventile gleichmäßig erfolgte, wurde dann zur Vereinfachung der Oszillogramme eine Meßstelle weggelassen. Bei Vorhandensein von zwei Schnellschlußventilen hat sich durchweg gezeigt, daß es genügt, an einem Ventil zu messen, da das Einsetzen der Ventile immer sehr gleichmäßig erfolgte.

Abb. 18. Vorrichtungen für die oszillographische Aufnahme der Ventilstellungen.

Oszillographen.

Um alle erforderlichen Größen bei einem Versuch gleichzeitig oszillographisch aufnehmen zu können, wurden außer einem Dreischleifen-Leistungsoszillographen noch zwei Sechsschleifen- und ein Dreischleifenoszillograph aufgestellt (Abb. 22). Damit ein einwandfreier zeitlicher Vergleich der einzelnen Streifen möglich war, die trotz beabsichtigter Einregelung auf gleiche Geschwindigkeit doch immer noch mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten abliefen, wurde bei jedem Oszillograph eine Schleife durch ein Schnelltelegraphierrelais unterbrochen. Alle 4 Relais wurden durch eine Unterbrechermaschine so gesteuert, daß sich in Abständen von ungefähr 1 s eine Unterbrechung von einer Dauer von 1 ... 2 Perioden ergab.

Abb. 19. Meßdraht an einer Ventilsteuerwelle.

Anordnung der Meßeinrichtungen.

Die Oszillographen, alle Regelwiderstände und die anderen Hilfseinrichtungen wurden zentral in der Warte aufgestellt. Dies bedingte die Verlegung einer großen Zahl Meßleitungen von zum Teil sehr beachtlichen Längen (bis zu 250 m). Bei der Verlegung der Meßdrähte mußte darauf geachtet werden, daß die Gleichstromleitungen, insbesondere die Leitungen von den Meßdrähten zur Übertragung der Stellung der Regler und Ventile, die mit geringen Spannungen arbeiten, getrennt von den Wechselstromleitungen verlegt und gut verdrillt wurden. Als weiterer Schutz und insbesondere auch als mechanischer Schutz wurden über diese Meßdrähte auf große Strecken des Weges Eisenrohre aufgeschoben. Eine gute Bezeichnung der Drähte am Anfang und Ende erwies sich immer

Abb. 20. Anordnung der Hilfsmaschine und Meßdrähte an einer Maschine.

Abb. 21. Einrichtung zur Übertragung der Ventilstellungen.

Abb. 22. Aufstellung der Oszillographen.

(Forts. s. S. 1219.)

Zusammenstellung der Versuche

A	B	C	D	E		F
Versuch Nr.	Versuchsart	Schaltung	Ausführung	Messungen		aufgenommene Kurven
				Größe	Meßstelle	
1	Entlastungsversuch	Versuchsmaschine; H-Hilfsmaschine; m_1 m_2 m_3 m_4 m_5 i n L U; Zeichenerklärung siehe Versuch Nr. 2; 100 kV; S_1 Abschaltung; Netz normal, parallel mit anderen Werken	Die Versuchsmaschine, die zunächst parallel mit der Betriebsammelschiene lief, wurde auf eine bestimmte Last eingestellt und dann durch Abschaltung mit ihrem Ölschalter (S_1) entlastet. Es wurde jede Maschine mehrmals in dieser Weise entlastet, wobei die abzuschaltende Leistung von Versuch zu Versuch erhöht wurde. Es wurde der Reihe nach bei folgenden Werten der Nennleistung die Abschaltung vorgenommen: a) bei rd. 25% c) bei rd. 75% und b) bei rd. 50% d) bei rd. 100%.	Strom Spannung Erregerstrom Leistung Umdrehungszahl Stellung der Reglermuffe u. d. Ventile Dampfdruck	I U i L n $m_{1...5}$ d	Abb. 23 24 25 26 27 28 29 30 31
2	Fliehkraftregler-Charakteristik	Regulierventile; Steuerwelle f. Düsenventil; Reglermuffe; m_1; Turbine; Schnellschlußventile; Generator; Erregermaschine; Gleichstr.-Hilfsm.; Drehstr.-Hilfsmaschine; daraus n durch Vergleich; L; U; getrennt; 100 kV; Schaltungsschema für Versuch 2 und Zeichenerklärung	Die Versuchsmaschine wurde leer, vom Netz getrennt, betrieben. Die Drehzahl wurde von rd. 65% der Nenndrehzahl angefangen in Stufen von rd. 7% bis auf 107% der Nenndrehzahl erhöht und dann in gleichen Stufen wieder auf 65% gesenkt.	Umdrehungszahl (durch Vergleich der Statorspannung mit den Schwingungen einer auf 50 Hz geeichten Stimmgabel) Stellung der Reglermuffe	n m_1	Abb. 32
3	Statische Drehzahlkennlinien	T G; m_1 m_2 m_3 m_4 m_5; L; U; daraus n; 100 kV; Netz aufgetrennt, kein Parallelbetrieb mit and. Werken	Die Versuchsmaschine wurde parallel mit 1 bzw. 2 anderen Maschinen im gleichen Werk betrieben. Die Maschinen belieferten hierbei einen besonderen, von anderen Kraftwerken vollkommen getrennten Netzteil, dessen Abnahme mindestens die Höhe der Nennleistung der Versuchsmaschine hatte. Die zunächst unbelastet oder motorisch laufende Versuchsmaschine wurde dann durch Verstellen der Drehzahl nur an den anderen Maschinen allmählich belastet. An der Versuchsmaschine wurde hierbei am Dampfteil nichts verstellt. Um die Abnehmer durch die hierbei auftretende Frequenzänderung nicht zu sehr zu beeinträchtigen, wurde vor Beginn des Versuches auf 102...103% der Nennfrequenz hochgeregelt. Mit der Senkung der Frequenz wurde dann bis 98...97% gegangen. War hierbei die Versuchsmaschine noch nicht voll belastet, so wurde unter Beibehaltung der erreichten Belastung die Frequenz unter Verstellung der Drehzahl an allen Maschinen des Versuchsnetzes wieder erhöht und dann wieder wie vorher gesenkt. In gleicher Weise wurde die Last von der Versuchsmaschine wieder weggeregelt. Bei 6...8 Punkten der Belastung von Leerlauf bis Vollast wurde beim Erhöhen und Senken der Last gemessen.	Strom Spannung Leistung Umdrehungszahl (wie unter 2) Stellung des Reglers und der Ventile	I U L n $m_{1...3}$	Abb. 33 „ 34 „ 35
4	Ermittlung der synchronisierenden Kräfte (statische Leistungskennlinien)	T G; i; L; U; P; 100 kV; Netz normal, parallel mit anderen Werken	Die Versuchsmaschine wurde auf eine bestimmte Leistung eingestellt und dann die angegebenen Werte gemessen. Die Leistung wurde der Reihe nach auf a) rd. 25% c) rd. 75% und b) rd. 50% d) rd. 100% der Nennleistung eingestellt. Dieser Versuch wurde jeweils gleichzeitig mit Versuch 1 durchgeführt. Bei einer Versuchsreihe wurde der Erregerstrom, bei einer anderen Versuchsreihe der cos φ (auf 1,0) konstant gehalten.	Strom Spannung Erregerstrom Leistung Polradverdrehung (Aufnahme der Statorspannung und Spannung der Hilfsmaschine mit großem Zeitmaßstab — Trommelaufnahme)	I U i L P	Abb. 36 „ 37

Abb. 32. Fliehkraftregler-Charakteristik.

Abb. 37. Statische Leistungskennlinie der Maschine Bö 7.

Abb. 36. Oszillogramm zur Bestimmung der Polradverdrehung.

Abb. 25. Entlastungsversuch Maschine z.

Abb. 28. Drehzahländerung der Maschine z bei Entlastung.

Abb. 31. Ventil- u. Muffenbewegung der Maschine z bei Entlastung

Abb. 35. Drehzahlkennlinien der Maschine D.

Abb. 24. Entlastungsversuch Maschine y.

Abb. 27. Drehzahländerung der Maschine y bei Entlastung.

Abb. 30. Ventil- und Muffenbewegung der Maschine y bei Entlastung.

Abb. 34. Drehzahlkennlinien der Maschine C.

Abb. 23. Entlastungsversuch Maschine x.

Abb. 26. Drehzahländerung der Maschine x bei Entlastung.

Abb. 29. Ventilbewegung der Maschine x bei Entlastung.

Abb. 33. Drehzahlkennlinien der Maschinen A und B.

als sehr vorteilhaft. Sämtliche Drähte wurden auf einen Verteilungstisch geführt und dort durch kürzere Leitungen die Meßeinrichtungen angeschlossen. Diese Anordnung gestattete, die Verteilung der Meßgrößen auf die einzelnen Oszillographen und Instrumente leicht und schnell zu ändern.

Zur Überprüfung der Eichung der Oszillographen wurden die Werte der aufzunehmenden Größen neben den Werten der sonst noch für die Auswertung der Versuche in Frage kommenden Größen zum Teil an den für die betriebsmäßige Überwachung eingebauten Meßinstrumenten, zum Teil an besonders für die Versuche angeschlossenen Präzisionsinstrumenten abgelesen, u. zw. bei veränderlichen Vorgängen vor und nach dem Vorgang und außerdem der während des Versuches aufgetretene höchste bzw. tiefste Wert oder beide.

Zusammenstellung der ausgeführten Versuche.

Die näheren Angaben über die Ausführung und Schaltung der Versuche und die bei den einzelnen Versuchen insbesondere durchgeführten Messungen enthält die Zusammenstellung in Tafelform von S. 1217 an. Die Zusammenstellung enthält weiter (Nr. i. d. letzten Spalte) für einen Teil der Versuche die aus den aufgenommenen Oszillogrammen ermittelten Kurven, für die anderen einige der kennzeichnendsten Oszillogramme, die jedoch hier nicht Gegenstand weiterer Erörterungen sein sollen, sondern erst in den noch folgenden Aufsätzen über diese Versuche.

Durchführung der Versuche.

Die Versuche mußten so durchgeführt werden, daß die Belieferung der Abnehmer nicht unterbrochen oder beeinträchtigt wurde. Da die Betriebsmittel zur Hauptbelastungszeit weit in Anspruch genommen waren, die Versuche aber auch die Bereitstellung einer großen Zahl Betriebsmittel bedingten, konnten sie nur zur lastschwachen Zeit von Sonnabend nachmittag bis Montag früh durchgeführt werden. Die Hilfsmaschinen und die fest an den Maschinen zu befestigenden Meßeinrichtungen wurden in den Nächten der vorhergehenden Tage eingebaut. Da die Maschinen am nächsten Tage wieder in Betrieb gehen mußten, war es erforderlich, die an ihnen zu befestigenden Versuchseinrichtungen so stabil herzustellen, daß sie einen Dauerbetrieb ohne weiteres aushalten konnten. Um in der kurzen zur Verfügung stehenden Zeit die vielen Versuchsreihen erledigen zu können, mußte ein Zeitprogramm aufgestellt werden. Damit dieses Programm, das für die einzelnen Versuche nur geringe Zeiten vorsah, auch wirklich eingehalten werden konnte, war es unbedingt erforderlich, alle Versuchseinrichtungen, insbesondere die Oszillographen, in einen durchaus betriebsicheren und zuverlässigen Zustand zu bringen.

Die in der Zusammenstellung angegebene Reihenfolge der Versuche deckt sich nicht mit der Reihenfolge der Ausführung. Um an Zeit zu sparen, wurden möglichst alle Einzelversuche an einer Maschine hintereinander durchgeführt. Die Reihenfolge richtete sich hierbei nach den Belastungsverhältnissen und den sonstigen Verhältnissen im Netz. *(Schluß folgt.)*

Das ungarische Elektrizitätsgesetz.

Von Ing. **L. Stark**, Budapest.

Die Vorgeschichte dieses Gesetzes geht bis auf das Jahr 1909 zurück, als die Ingenieure L. Stark und D. Jakobovits in einer an das Handelsministerium gerichteten Denkschrift die Notwendigkeit der Schaffung eines Elektrizitätsgesetzes nachzuweisen suchten. Gegen Ende 1917 wurden die Genannten im Verein mit dem Rechtsanwalt Dr. G. Vikár damit betraut, einen Entwurf zu einer Gesetzesvorlage anzufertigen, welcher anfangs 1919 vollendet wurde. Im Jahre 1927 gab der damalige Handelsminister Ing. M. Hermann Auftrag, den Entwurf den geänderten Verhältnissen entsprechend umzuarbeiten. Eine neuere teilweise Umarbeitung erfolgte, als Dr. J. Bud 1929 Handelsminister wurde. Der Entwurf wurde endlich am 20. X. 1930 bei der Gesetzgebung eingereicht. Die Annahme erfolgte erst nach Ausgleichung einiger zwischen Abgeordnetenhaus und Oberhaus aufgetauchten Meinungsdifferenzen und schließlich erfolgte am 5. VII. 1931 die Sanktionierung seitens des Reichsverwesers. Die wesentlichen Bestimmungen des Gesetzes folgen hier auszugsweise.

1. Allgemeine Bestimmungen. Die Erzeugung und Leitung elektrischer Energie zum Verkauf an andere ist nur solchen Unternehmungen gestattet, welche eine Konzession zur Errichtung und Erhaltung von Werken besitzen. Solche Konzessionen können sich auf die Erzeugung, Leitung und Verteilung oder auf eine oder mehrere dieser Tätigkeiten erstrecken. Konzessionen erteilt der Handelsminister. In Konzessionsurkunden, welche sich auf bestimmte Gebiete erstrecken, muß das Ausschließlichkeitsrecht gesichert werden, ausgenommen wenn der Bewerber dieses Recht nicht nachgesucht hat. Die Erzeugung für andere Gebiete sowie das Durchzugsrecht werden durch die Ausschließlichkeit nicht berührt.

2. Erteilung der Konzession, Errichtung und Inbetriebsetzung gemeinnütziger Werke. Bewerben sich mehrere um die Konzession, so kann der Minister eine öffentliche Ausschreibung anordnen, und er erteilt dann demjenigen Bewerber die Konzession, der die Versorgung des betreffenden Gebiets unter den günstigsten Bedingungen und auch vom Standpunkt der Landesenergiewirtschaft aus am entsprechendsten sichern kann. Bevorzugt werden Wasserkräfte sowie Werke, welche Brennstoffe verwenden, die nur an der Stelle des Vorkommens (Lignite, Abfallkohle oder Torf) wirtschaftlich ausgenutzt werden können.

Der Unternehmer hat die Bestimmungen des Gesetzes über die Entwicklung der einheimischen Industrie einzuhalten, und ihm können die in demselben Gesetz enthaltenen Begünstigungen erteilt werden, falls solche durch wesentliche Interessen der Energieversorgung und Energiewirtschaft begründet sind.

3. Eigenanlagen und deren Umgestaltung auf gemeinnützige. Bei Errichtung und Betrieb sind die vom Minister bzw. von den Landesfachvereinen aufgestellten und vom Minister gutgeheißenen Normalien und Vorschriften einzuhalten. Behufs Kontrolle sind periodische Revisionen vorgesehen.

Solche Werke können die Erlaubnis erhalten, auch anderen Energie zu liefern, jedoch ohne Ausschließlichkeitsrecht. In diesem Fall sind die auf gemeinnützige Werke bezüglichen Bestimmungen einzuhalten.

4. Enteignung und Leitungsrecht. Für das Kraftwerk, die Umformeranlagen und Schaltwerke kann das Enteignungsrecht in Anspruch genommen werden. Hiervon ausgeschlossen sind Kirchen, Friedhöfe usw.

Können Umform- oder Schaltwerke in Baulichkeiten untergebracht werden, welche nicht zu Wohnzwecken dienen, so kann der Minister das Gebrauchsrecht (Servitut) erteilen, falls die Benutzung des Gebäudes für den ursprünglichen Zweck überhaupt nicht oder nur in verschwindendem Maß beeinträchtigt wird.

Kann man solche Einrichtungen auf einem unbebauten Grundstück aufstellen und ist die beanspruchte Fläche so klein, daß sie als selbständiges Grundstück weder für landwirtschaftliche Zwecke, noch für Baulichkeiten benutzt werden kann, so kann der Konzessionär anstatt der Enteignung die Feststellung des Erbbaurechts verlangen.

Der Minister kann für die Leitungen und die dazu gehörenden Einrichtungen das Leitungsrecht erteilen, falls hierdurch der bestimmungsgemäße Gebrauch des Grundstücks nicht behindert wird. Leitungen und Zubehör sowie auch Rohrleitungen und Kanäle können auf öffentlichem Gebiet geführt werden und andere elektrische Leitungen kreuzen. Unterirdische und oberirdische Leitungen können auf privatem Gebiet, ausgenommen in Höfen oder eingezäunten Gärten, errichtet werden. Sind vorhandene Leitungen im Weg, so kann der Konzessionär deren Umlegung auf seine Kosten verlangen, falls seine Leitungen auf einer anderen Trasse entweder gar nicht oder mit unverhältnismäßig hohen Kosten errichtet werden könnten. Für die umzulegenden Leitungen ist das Enteignungs- bzw. Leitungsrecht zu erteilen.

Für das Leitungsrecht ist keine Zahlung zu leisten, hingegen ist der Schaden zu ersetzen, der dem Eigentümer aus der Ausübung des Leitungsrechts erwächst. Der Minister wird das Maß der Vergütung für die häufigsten Fälle in einer Verordnung bestimmen.

5. Betriebsführung der Elektrizitätswerke. Der Konzessionär ist verpflichtet, die Energie in der vorgeschriebenen Stromart, Periodenzahl und Spannung zu liefern, seine Einrichtungen ordnungsgemäß instandzuhalten, den Energiebedarf der Abnehmer bis zu der dort vorgeschriebenen Grenze der Leistungsfähigkeit, stets unter Einhaltung des Prinzips der gleichartigen Behandlung der Abnehmer, zu decken und die in der Konzessionsurkunde vorausgesehenen Erweiterungen auf Aufforderung des Ministers unverzüglich durchzuführen.

Die betriebstechnischen Angaben sind jährlich anzumelden. Die Revisionsorgane dürfen ihre Erhebungen ausschließlich ihrer Behörde mitteilen. Im übrigen sind sie zur Geheimhaltung verpflichtet.

6. Rechtsverhältnis zwischen Konzessionär und Abnehmer. Der Tarif ist in der Konzessionsurkunde für jede Abnehmergruppe gesondert festzustellen, u. zw. so, daß bei dem zu erwartenden Verbrauch, außer den normalen Kosten für Betrieb, Geschäftsführung und Erhaltung, die mit Rücksicht auf den Heimfall erforderliche Amortisation und eine angemessene Verzinsung des Kapitals gesichert werden.

Der Konzessionär darf einzelnen Abnehmern besondere Nachlässe gewähren. Solche Nachlässe treten dann für alle anderen Abnehmer derselben Gruppe in Rechtskraft, deren Verbrauchsverhältnisse die gleichen sind.

Die interessierten Parteien können eine Abänderung des Tarifs nur dann beanspruchen, wenn die Löhne und Materialpreise sich wesentlich geändert haben. Sollte in der Erzeugung eine solche Änderung eingetreten sein, die dem Konzessionär einen höheren Gewinn sichert, als zur Amortisation und Verzinsung nötig ist, so ist die Hälfte des Gewinnüberschusses zur allgemeinen Herabsetzung des Tarifs zu verwenden. In diesen Fragen entscheidet auf Ansuchen einer der Parteien ein Sondergericht (s. unten).

Kann der Konzessionär den unerwartet eingetretenen, außerordentlich großen und ständigen Bedarf eines Abnehmers nicht befriedigen, so kann der Minister gestatten, daß der Abnehmer seinen Energiebedarf, z. T. oder ganz, zeitweilig oder ständig von einem anderen Werk beziehe.

7. Zusammenarbeit der Werke, Zusammenschluß und Aushilfe. Die gemeinnützigen Werke können ihren Energieüberschuß anderen gemeinnützigen Werken überlassen. Sie dürfen auch übereinkommen, daß sie zwischen ihren Werken im Interesse der Wirtschaftlichkeit eine ständige Verbindung schaffen und eines von ihnen seinen Betrieb einstellt und seinen ganzen Bedarf von den anderen Werken bezieht, oder daß eine Unternehmung ihren ganzen Bedarf von einer anderen bezieht oder auch, daß sie einen Teil ihres Versorgungsgebiets einer anderen abtritt. Solche Übereinkommen müssen vom Minister bestätigt werden.

Sollte der Minister feststellen, daß ein Konzessionär nicht imstande ist, den angewachsenen Bedarf seines Gebiets entsprechend zu decken bzw. die erforderliche Energie von einem anderen Werk billiger beziehen kann, als er sie selbst erzeugt, oder er es aus energiewirtschaftlichen Gründen bzw. aus solchen der öffentlichen Sicherheit für nötig findet, so kann der Minister den Konzessionär auffordern, ein entsprechendes Abkommen zu treffen. Sollte ein solches Abkommen innerhalb der vorgeschriebenen Frist nicht zustandekommen, so kann der Minister das Sondergericht (s. unten) anrufen, die interessierten Werke zu einer Zusammenarbeit oder zum Anschluß bzw. zur Abtrennung eines Gebietsteils zu verpflichten.

Im Fall, daß der Betrieb eines gemeinnützigen Werks unterbrochen werden sollte, kann der Minister durch eine provisorische Verfügung anordnen, daß ein anderes Werk seinen Überschuß zur Versorgung der in Not geratenen Abnehmer zur Verfügung stelle. Zugleich wendet er sich an das Sondergericht mit dem Ansuchen, die nötigen Verpflichtungen auszusprechen.

Der Minister kann auch, nach Anhören des Konzessionärs, diesen für eine Zeitdauer von höchstens zwei Jahren verpflichten, den unbenutzten Teil seines Kraftwerks als Reserve für einen anderen Konzessionär oder für Verkehrszwecke gegen Ersatz der Kosten zur Verfügung zu halten. Für die Verlängerung dieser Verpflichtung auf höchstens fünf Jahre ist das Sondergericht zuständig. Sollten inzwischen in den Verhältnissen des Konzessionärs solche Änderungen eingetreten sein, welche die Beanspruchung seines Werks erhöhen, so hat der Minister die obige Verpflichtung sofort aufzuheben oder das Maß der Reservestellung herabzusetzen. Verweigert dies der Minister, so entscheidet das Sondergericht.

8. Änderungen in der Leitung des gemeinnützigen Werks. Diese Bestimmungen beziehen sich hauptsächlich auf Änderungen, die sich durch Erbschaft, Verkauf, Verpachtung, Zahlungsunfähigkeit oder Konkurs ergeben.

Ist die Betriebsicherheit eines Werks gefährdet und die Fortsetzung des Betriebs im öffentlichen Interesse unbedingt erforderlich, so kann der Minister einen Verwalter einsetzen, dessen Befugnisse im Gesetz genau umgrenzt sind.

9. Erlöschen der Rechtskraft der Konzession. Bestimmungen, die mit den allgemeinen Rechtsgrundsätzen übereinstimmen. Hier wird auch die Möglichkeit vorgesehen, eine Konzession einmal, u. zw. um höchstens 20 Jahre zu verlängern, wenn der Konzessionär das Werk wesentlich erweitert oder umgestaltet und einer Herabsetzung des Tarifs zustimmt.

10. Ablösung und Heimfall. Nach Ablauf von 30 Betriebsjahren kann der Staat die Fernleitungen und die Gemeinden die auf ihrem Gebiet befindlichen Verteilungsanlagen ablösen. Der Konzessionär ist hiervon zwei Jahre vor dem Zeitpunkt der Ablösung zu verständigen. Die Ablösung ist das erstemal am Ende des 30. Jahres und nachher am Ende jeder fünfjährigen Periode möglich. Nach Ablösung ist der Konzessionär verpflichtet, dem Ablösenden die Energie zu einem Preis zu liefern, der es ihm ermöglicht, den mit der Ablösung übernommenen Verpflichtungen nachzukommen, vorausgesetzt daß die Energielieferung auch für den früheren Konzessionär wirtschaftlich ist.

Sollte die Gemeinde von ihrem Ablösungsrecht keinen Gebrauch gemacht haben, so kann der Staat an ihre Stelle treten. Damit erlischt das Ablösungsrecht der Gemeinde.

Bei Ablösung ist der wahre Wert des Werks und die Hälfte des bis zum Heimfall kapitalisierten Werts des reinen Einkommens zu bezahlen. Bei Bestimmung des wahren Werts ist der durch die Benutzung nicht beglichene Teil des angelegten Kapitals und bei der Bestimmung des Reingewinns der Durchschnitt des zum Zweck der Steuerbemessung angegebenen Einkommens der letzten 5 Jahre zugrunde zu legen.

Bei Eintreten des Heimfalls teilen sich Staat und Gemeinden in der gleichen Weise wie bei der Ablösung. Die vom Staat früher abgelösten Verteilungsanlagen gebühren nunmehr der Gemeinde.

Für die in den ersten 30 Jahren errichteten Anlageteile ist kein Gegenwert zu entrichten, für die nachher errichteten nur in dem Fall, daß der Heimfallberechtigte der Anschaffung zugestimmt hat, u. zw. unter voller Schadloshaltung. Andere Anschaffungen darf der Konzessionär entfernen, ausgenommen wenn der Heimfallberechtigte ihm den Wert ersetzt, den sie für den Konzessionär haben.

Sollten dem Konzessionär nach Ausübung der Ablösung oder nach Heimfall solche Einrichtungen verbleiben, fur die diese Rechte erst später eintreten, so kann er für den Betrieb dieser Einrichtungen das Péage-Recht beanspruchen. Sollte jedoch der Betrieb dieser verbleibenden Einrichtungen unwirtschaftlich sein, so kann er deren Ablösung fordern.

11. Ein- und Ausfuhr elektrischer Energie. Diese erfordert eine besondere Genehmigung, u. zw. für die Einfuhr im Landesinteresse die der Gesetzgebung, für den örtlichen Grenzverkehr die des Handelsministers, der im Einvernehmen mit dem Minister des Innern entscheidet. Die Genehmigung kann sich nur auf fallweise zu bestimmende Leistungen und Energiemengen beziehen, u. zw. für eine Zeitdauer von höchstens 25 Jahren, mit fünfjährigem Kündigungsrecht.

12. Besondere Mittel und Organe der elektrischen Energiewirtschaft. Der Handelsminister wird aus den Strafgeldern und aus jährlichen Budgetzuwendungen einen Landesenergie-Wirtschaftsfonds schaffen, der der Entwicklung der Landesenergieversorgung dienen soll. Aus diesem Fonds werden Unternehmungen, die bisher unversorgte Gebiete beliefern wollen, Anleihen gewährt oder Aktien bzw. Geschäftsanteile derselben angekauft werden.

Der zu schaffende Landeselektrizitäts-Wirtschaftsrat ist berufen, in allen auf die Ausführung des Gesetzes und auf die Energiewirtschaft bezüglichen Fragen sein Gutachten abzugeben.

In den bereits erwähnten Streitfällen entscheidet ein Sondergericht, welches innerhalb des höchsten Gerichts, der kgl. Ung. Kurie, gebildet wird. Das Richterkollegium besteht aus dem Vorsitzenden und vier Mitgliedern. Zwei derselben werden durch den Präsidenten der Kurie aus der Reihe der Kurialrichter und aus der der Richter des Patentgerichts entsendet und weitere zwei aus der Reihe jener Fachleute, die der Handelsminister im Einvernehmen mit dem Justizminister im voraus hierzu bestimmt hat.

13. Strafbestimmungen. Die auf den Schutz der Telegrapheneinrichtungen bezüglichen Strafbestimmungen werden auf die der Erzeugung, der Leitung und der Verteilung elektrischer Energie dienenden Einrichtungen ausgedehnt. In gewissen Fällen kann sogar das Statarialverfahren angewendet werden.

Straffällig ist jeder, der in einem gemeinnützigen Werk als dispositionsberechtigtes oder diensttuendes Organ angestellt ist und durch Pflichtverletzung eine Störung verursacht. Die unbefugte Ein- oder Ausfuhr der elektrischen Energie bildet ein Vergehen, welches mit Gefängnis bis zu einem Jahr bestraft werden kann. Eine Übertretung begeht derjenige, der elektrische Energie unbefugt erzeugt, leitet oder verteilt, der ein gemeinnütziges Werk ohne Baubefugnis errichtet oder umgestaltet oder ohne Erlaubnis in Betrieb setzt, der die vorgeschriebenen Betriebsangaben dem Minister trotz wiederholter Aufforderung nicht vorlegt, die amtlichen Kontrollorgane in ihrer Arbeit behindert oder die Mitteilung der geforderten Angaben verweigert. Ordnungsstrafen treffen diejenigen, die verschiedenen gesetzlichen Bestimmungen nicht entsprechen.

14. Übergangs-, gemischte und Schlußbestimmungen. Privatwerken ist eine Betriebsbefugnis auszustellen, welche alle wesentlichen Bedingungen ihrer bisherigen Rechtsverhältnisse zu enthalten hat. Öffentlichen gemeinnützigen Werken ist eine Konzessionsurkunde auszustellen. Die Bestimmungen des Gesetzes, welche sich auf die Erweiterungen und Umgestaltungen, auf die hierzu erforderlichen Enteignungen, Servitute, Baubefugnisse und Leitungsrechte, ferner auf die Betriebsführung, Angabenlieferung, Zusammenarbeit und den Zusammenschluß, auf Änderungen in der Person des Besitzers und schließlich auf die Straffälle beziehen, sind auch auf die alten gemeinnützigen Werke anzuwenden.

Die Ablösung der vorhandenen Werke geschieht nach den Bestimmungen des ursprünglichen Konzessionsvertrags. Ist in diesem hierüber nichts enthalten, so kann die Ablösung von Ende der nach dem Inkrafttreten dieses Gesetzes abgelaufenen 30 Jahre wann immer, aber nur gegen volle Entschädigung erfolgen. Der Heimfall erfolgt ausschließlich zu den im Vertrag enthaltenen Bedingungen. Der Minister kann die Betriebsbefugnis nach Anhören der interessierten Komitats- oder Gemeindebehörde verlängern, wenn der Besitzer sein Werk wesentlich erweitert oder umgestaltet und einer Herabsetzung der Tarife zustimmt.

Die elektrische Energie und auch andere Energien, insofern die auf Sachen bezüglichen Rechtsnormen auf diese angewendet werden können, sind strafrechtlich als Sachen anzusehen.

Der Minister wird einen orientierenden Plan der Landeselektrisierung ausarbeiten lassen und ihn der Gesetzgebung innerhalb eines Jahres vorlegen.

Aus dem Text des ungarischen Elektrizitätsgesetzes geht hervor, daß die Regierung und die Gesetzgebung die Vereinheitlichung der Elektrizitätswirtschaft durch die Mittel der staatlichen Oberhoheit durchzuführen beabsichtigt. Dieses Bestreben wird durch die Schlußbestimmung schlaglichtartig beleuchtet. Der Staat wird sich bei Erteilung der Konzessionen durch den orientierenden Plan leiten lassen, und die Bewerber werden sich an diesen halten müssen.

Spätere Abweichungen scheinen indessen nicht ausgeschlossen zu sein. Die Handhabe hierzu bieten die auf die Zusammenarbeit und den Zusammenschluß bezüglichen Bestimmungen. Aber auch hier hat der Staat, bzw. das Sondergericht, das letzte Wort zu sagen.

Das Gesetz gewährt den Konzessionären eine ganze Reihe von Rechten. Solche sind: das Ausschließlichkeitsrecht, die Enteignungs-, Gebrauchs-, Erbbau- und Leitungsrechte, das Recht, eine Tariferhöhung auf kurzem Wege anzustreben, das Recht auf Aushilfe seitens anderer Konzessionäre und in einzelnen Fällen die finanzielle Hilfe des Staats und die im Gewerbegesetz enthaltenen Begünstigungen.

Diesen Rechten steht wieder eine Reihe von Pflichten und Lasten gegenüber. Vor allem der Tarifzwang mit der Gefahr der Herabsetzung der Strompreise und der Vorschrift der gleichartigen Behandlung der unter gleichen Verhältnissen arbeitenden Abnehmer. Der Tarifzwang an sich ist als erträglich zu bezeichnen, hauptsächlich, weil die Werke sich nun seit etwa elf Jahren daran gewöhnt haben, daß die Tarife durch eine Spezialkommission festgesetzt werden. Diese Kommission wird nun durch ein Sondergericht ersetzt, welches gut gebildet ist und rasch entscheiden kann. Ungerecht aber erscheint, daß ein nicht unwesentlicher Faktor der Tarifbildung, nämlich die jährliche Dotierung eines Erneuerungsfonds, ausgeblieben ist. Es bleibt nun nichts anderes zu erhoffen, als daß die Ausführungsverordnung, welche bis Ende des Jahres herauskommen dürfte, die auf die „angemessene Verzinsung des Kapitals" bezüglichen Richtlinien in einer befriedigenden liberalen Abfassung enthalten wird. Hier wird sich Gelegenheit bieten, die Bildung eines Erneuerungsfonds zu ermöglichen. Die damit zusammenhängenden Bedingungen werden von Fall zu Fall in die Konzessionsurkunden aufgenommen werden können.

Andere Lasten sind: der Zwang zur Zusammenarbeit, das Ablösungs- und das Heimfallrecht des Staats und der Gemeinden. Diese letzteren Rechte umfassen einerseits die Fernleitungen, anderseits die Ortsnetze. Die Kraftwerke verbleiben also im Besitz der Konzessionäre, welche im Fall der Ablösung dadurch, daß sie die namentlich in den letzten Jahren investierten Kapitalien nicht amortisieren konnten, einen wesentlichen Vermögensverlust erleiden. Einen teilweisen Ausgleich hierfür bildet der kapitalisierte halbe Reingewinn des Durchschnitts der letzten fünf Jahre, welcher aber auch zugleich eine Entschädigung für die verlorene Konzession bildet. Es scheint so, als ob den Unternehmungen die Lust, Kraftwerke zu errichten, genommen werden sollte. Dies wäre weiter kein Unglück, wenn der Staat die Rolle des Energieerzeugers übernimmt; hoffentlich wird er hierzu immer in der Lage sein.

Eine endgültige Meinung über die Frage, ob dieses Gesetz dazu geeignet ist, die Unternehmerlust zu steigern und dadurch zu einer weitgehenden wirtschaftlichen Elektrisierung Ungarns zu führen, wird man sich wohl erst nach Erscheinen der Ausführungsverordnung bilden können.

Wesen und Bedeutung der Fernwirkanlagen im Kraftwerksbetrieb*.

Von Prof. Dr.-Ing. **H. Piloty**, München.

(Schluß von S. 1161.)

II. Eingriffe des Lastverteilers.

Alle bisher beschriebenen Einrichtungen hatten den Zweck, den Lastverteiler über die für ihn wichtigen Vorgänge im Netz zu unterrichten. Es erhebt sich nun sofort zwangläufig die Frage, was der Lastverteiler nun eigentlich mit den ihm übermittelten Kenntnissen anfängt. Hierüber herrscht im Prinzip heute ziemliche Klarheit. In erster Linie sorgt er, wie schon sein Name sagt, für die Durchführung der aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten erwünschten Leistungsverteilung auf die Kraftwerke. Er verfügt über den Einsatz von Reserven und Speichern und regelt gegebenenfalls auch die Leistungsverteilung in vermaschten Netzen bei gegebenen Erzeugungs- und Verbrauchsleistungen, falls hierfür besondere Regelorgane (Regel- und Querspannungs-Transformatoren) vorhanden sind.

In ähnlicher Weise wie für die Verteilung der Wirkleistung trifft er auch Maßnahmen für die richtige Spannungshaltung und die für die Höhe der Verluste wichtige Blindleistungsverteilung. Er sorgt ferner dafür, daß die auf den Gesamtbetrieb des Netzes einwirkenden Störungen sobald wie möglich beseitigt werden, und trifft die hierfür erforderlichen Dispositionen. Beispielsweise wird er auch bei der Synchronisierung auseinandergefallener Netzteile oder bei der Synchronisierung auf ein fremdes Netz, gestützt auf seine Kenntnis der Gesamtbelastungsverteilung, Hilfe leisten. Schließlich hat er in der Regel Maßnahmen, die für die Sicherheit des Gesamtbetriebes von Bedeutung sind, z. B. die Abstimmung der Erdschlußkompensation, zu überwachen und gegebenenfalls einzugreifen.

So klar diese Aufgaben des Lastverteilers heute anerkannt sind, so wenig hat man sich bisher damit beschäftigt, die zur Verfügung stehenden Hilfsmittel der Technik diesem Zweck dienstbar zu machen. Ich wage es, die

* Vortrag, gehalten im Elektrotechnischen Verein am 30. IX. 1930.

Ansicht zu vertreten, daß wir hier erst ganz am Anfang einer bedeutungsvollen Entwicklung stehen. In der Tat, es ist schwer einzusehen, warum man die Orientierung des Lastverteilers mit den schönsten Hilfsmitteln erleichtern und organisieren soll, wenn für die aus dieser Orientierung fließenden Maßnahmen aber dem Lastverteiler lediglich schlecht zureichende Hilfsmittel, Telephon, Schriftverkehr und andere Nachrichtenmittel zur Verfügung stehen. Man muß hierbei auch bedenken, daß diejenigen Anlagen, die zur besseren Orientierung des Lastverteilers überall geplant und eingebaut werden, Kosten verursachen, deren überwiegender Teil auf die Erstellung der fernmeldetechnischen Kanäle entfällt und daß diese mit einem verhältnismäßig geringen Mehraufwand auch für den Betrieb von Ferneingriffs-Einrichtungen ausgenutzt werden können. Keineswegs soll dabei die Bedeutung des Telephons verkannt werden, welches immer das wichtigste Verbindungsmittel bleiben wird. Gerade zur Entlastung dieses Verkehrsmittels muß aber viel geschehen, wenn es seinen vollen Wert entfalten soll. Es ist daher sicher wichtig, sich die Möglichkeiten, welche die heutige Technik der Fernwirkanlagen eröffnet, klarzumachen. Am besten wird dies nachher an Hand des Projektierungsbeispieles geschehen. Einige allgemeine Betrachtungen müssen aber vorausgeschickt werden.

A. Zusammenhang mit der Automatik.

Die für die Erzielung einer strafferen Gesamtbetriebsführung geeigneten technischen Hilfsmittel sind im Prinzip einerseits Einrichtungen, welche gestatten, Kommandos vom Charakter Ja — Nein, oder quantitative Befehle in Form von Meßwerten zu übertragen, anderseits Einrichtungen, deren Inbegriff man gewöhnlich als „Automatik" zu bezeichnen pflegt. Sie spielt im Rahmen solcher Bestrebungen eine besonders wichtige Rolle. Es kommt dies daher, daß die meisten Handlungen, deren Ausführung für den Lastverteiler vom Standpunkt des Gesamtbetriebes aus wünschenswert ist, nicht in Einfachhandlungen wie etwa das Ein- oder Ausschalten eines Schaltorgans, sondern vielmehr in verwickelten zusammengesetzten Handlungen bestehen, deren Gesamtheit erst für den Lastverteiler von Wichtigkeit ist. Die Technik der Automatik nun ist es, welche dem Ablauf solcher Einzelhandlungen, deren gegenseitige Bedingtheit den Lastverteiler nicht interessiert, zu einer größeren Gesamthandlung zusammenzufassen gestattet und so dem Eingriff des Lastverteilers zugänglich macht. Dabei ist noch nicht einmal gesagt, daß der Eingriff durch den Lastverteiler unter allen Umständen durch eine Fernwirkanlage erfolgen muß. Es kann vielmehr u. U. die Zusammenfassung schon allein genügen, um eine wesentliche Betriebsvereinfachung zu erzielen, selbst wenn der Eingriff durch den Lastverteiler schließlich durch die üblichen Mittel erfolgt. Dem Thema dieses Aufsatzes entsprechend wollen wir uns jedoch mit diesen Fällen nicht mehr beschäftigen.

Betrachtet man nun diejenigen Maßnahmen, die man vom Standpunkt des Gesamtbetriebes aus in der geschilderten Richtung als wünschenswert ansehen kann, so stößt man auf eine Fülle von Aufgaben, die hier auch nicht annähernd erschöpfend beschrieben werden können. Ein einziges typisches Beispiel sei angeführt. Wir hatten vorhin festgestellt, daß eine der Aufgaben des Lastverteilers der Einsatz von Reserven ist. Es gibt nun bekanntlich Kraftwerke, die sich für diesen Zweck infolge ihrer raschen Einsatzmöglichkeit besonders eignen, z. B. die speicherfähigen Hochdruckwasserwerke. Die Automatisierung solcher Kraftwerke hat man daher in erster Linie in Betracht gezogen und auch bereits durchgeführt. Ein im Rahmen unserer Betrachtungen liegender Vorschlag ist nun, im Gesamtnetz eine Reihe solcher selbsttätiger Kraftwerke auszusuchen und zu „Bereitschaftskraftwerken" zu ernennen. Diese Kraftwerke werden zwar, wie alle andern, von ihrer eigenen Betriebsleitung geführt, stehen jedoch in besonderen Fällen dem Lastverteiler in höherem Maße zur Verfügung als die übrigen. Zu diesem Zwecke stellt jedes Bereitschaftskraftwerk ein oder mehrere Maschinen dem Lastverteiler insofern bereit, als der Lastverteiler in die Lage versetzt wird, diese Maschinen, die Bereitschaftsmaschinen, anzulassen, zu synchronisieren und zu belasten. Der Anlaß- und Synchronisiervorgang wird von der Automatik abgewickelt, der Anstoß zum Anlauf und die Belastung der Maschine nach abgewickeltem Anlauf jedoch vom Lastverteiler erledigt. Es würde zu weit führen, an dieser Stelle zu beschreiben, wie der automatisierte Anlaß- und Synchronisiervorgang im einzelnen verläuft. Dieser Teil der Aufgabe steht auch nicht mehr zur Diskussion, er ist in großen Pumpspeicherwerken schon praktisch verwirklicht worden. Diejenigen Einrichtungen, welche den Lastverteiler zu solchen Handlungen befähigen, werden wir noch kennen lernen. Wir wollen uns nur jetzt merken, daß durch eine passende Kombination von Automatik, Fernsteuerung und Fernregelung ein ganzes Kraftwerk dem Einsatz durch den Lastverteiler zugänglich gemacht werden kann.

B. Fernsteuerung.

Die eigentliche Technik der Fernsteuerung schließt sich an die Fernmeldung an. Ihre Einrichtungen sind genau dieselben, nur geht der Befehl vom Lastverteiler aus, beim Empfänger wird statt eines Anzeigeorgans das Steuerorgan betätigt. Beide oben beschriebenen Verfahren, das Synchronwähler- und das Impuls-Gruppen-Verfahren, eignen sich auch für Fernsteuerung, wobei die skizzierten Maßnahmen zur Sicherstellung gegen Störungen von ganz besonderer Bedeutung sind.

C. Fernregelung.

Die oberste Aufgabe des Lastverteilers, die Sicherstellung der wirtschaftlich gewünschten Leistungs- und Blindleistungsverteilung führt ebenfalls zu besonderen Einrichtungen der Fernwirkanlagentechnik. Ich will und kann hier nicht näher darauf eingehen, wie die Lastverteilung zwischen den Kraftwerken an Netzen zweckmäßig eingerichtet wird, so wünschenswert dies auch für unsere Betrachtungen wäre. Hier haben die Beratungen der Weltkraftkonferenz[8] zu besonders bemerkenswerten Ergebnissen geführt. Nur folgendes muß ich festhalten. Arbeitet ein großes Netz nicht mit fremden Netzen zusammen, so ist in der Regel einem Werk die Frequenzhaltung übertragen, während die anderen ihre Belastung nach der Leistungsanweisung des Lastverteilers richten. Die Art dieser Leistungsanweisung kann verschieden sein; zwei dieser Arten sind für den Standpunkt der Fernwirkanlagentechnik von Bedeutung: Die Anteilzuweisung, bei welcher die Werke einen vereinbarten Bruchteil der Gesamtbelastung einhalten sollen und bei der daher auf fernmeßtechnischem Wege die Gesamtleistung ermittelt und den Kraftwerken kenntlich gemacht werden muß; dies Verfahren eignet sich in erster Linie für städtische Netze, wo man, wie wir ja wissen, in der Zahl der zur Verfügung stehenden Verkehrskanäle nicht sehr stark beschränkt ist. Die andere Art, die Augenblicksanweisung, besteht darin, daß dem betreffenden Kraftwerk von Augenblick zu Augenblick die einzuhaltende Leistung fernmeßtechnisch vom Lastverteiler übermittelt wird. Bei beiden Verfahren handelt es sich um solche, die vorzugsweise bei den Kraftwerken Verwendung finden, die scharfe Belastungsspitzen, deren Verlauf und Dauer nicht genau im voraus ermittelt werden kann, zu fahren haben. Den Grund hierfür zeigt Abb. 8. Meistens ist das frequenzhaltende Werk aus wirtschaftlichen Gründen ein Grundlastwerk, welches unzulässige Belastungschwankungen aufnehmen müßte, wenn der vom Spitzenwerk starr eingehaltene Fahrplan auf Grund einer Gesamtbelastungskurve ermittelt wurde, die mit der Wirklichkeit nicht genau übereinstimmt. Insbesondere werden die Bereitschaftsmaschinen des vorigen Abschnittes nach dem Verfahren der Augenblicksanweisung zu belasten sein.

Abb. 8. Fehlbelastung eines frequenzhaltenden Grundlastwerkes (Kraftwerk *A* hält Frequenz, Kraftwerk *B* hält Fahrplan).

Es bedeutet nur noch einen weiteren Schritt, die Befolgung der Augenblicksanweisung nicht von der Bedie-

[8] Weltkraftkonferenz 1930, Gesamtbericht Bd. 14: „Energieübertragung und Energiefluß in einfach und mehrfach gekuppelten Netzen".

nung des Kraftwerkes abhängig zu machen, sondern die bereitgestellten Maschinen unmittelbar zu regeln.

Zur Lösung dieser Aufgabe ist es prinzipiell notwendig, den zu regelnden Wert, den sog. Istwert, mit dem gewünschten Wert, dem sog. Sollwert, in einer Vergleichsapparatur zu vergleichen und entsprechend dem Ausfall dieses Vergleichs die Maschinen zu beeinflussen. Eine besonders einfache Lösung dieser Aufgabe ergibt sich bei Verwendung des Impuls-Zeit-Verfahrens für die Fernübertragung des Istwertes, da dann ebenfalls nur der Sollwert in einen Impuls proportionaler Dauer verwandelt zu werden braucht und der Vergleich der beiden Impulse von einer aus zwei Relais bestehenden Relais-Apparatur erfolgen kann.

oder geöffnet ist. Aus den früher erörterten Gründen ist daher auch hier auf die Darstellung der überall vorhandenen Doppelsammelschienen verzichtet. Eine Ausnahme macht lediglich aus den ebenfalls bereits besprochenen Gründen das Umspannwerk 5, welches ein städtisches Gleichstromnetz versorgt.

Abb. 13 zeigt das Programm der zur Übertragung gelangenden Meßgrößen. Sie sind u. a. nach folgenden Regeln gewählt:

Abb. 9. Sollwertgeber mit Handeinstellung.

Abb. 10. Vollselbsttätiger Sollwertgeber.

Abb. 11. Halbselbsttätiger Sollwertgeber.

Besonderer Wert ist auf die bequeme Einstellung des Sollwertes zu legen. Es stehen dafür drei Ausführungen zur Verfügung. Abb. 9 zeigt einen Sollwertgeber der Impuls-Zeit-Type, bei dem sich der gewünschte Sollwert an einem Zeiger einstellen läßt. Für die Einhaltung eines vorgegebenen Fahrplans kann der vollselbsttätige Sollwertgeber nach Abb. 10 verwendet werden, bei dem der Fahrplan in rechtwinkligen Koordinaten ausgeschnitten und auf die Zeittrommel aufgespannt wird. Eine sehr geeignete Zwischenlösung stellt der halbselbsttätige Fahrplanapparat nach Abb. 11 dar, dessen Grundgedanke auf Herrn Obering. Klöckner vom Bayernwerk zurückzuführen ist. Mit ihm kann der Sollwert entweder wie bei der ersten Type konstant gehalten werden, oder man kann zu einem wählbaren Zeitpunkt von einem bisher gültigen Sollwert auf einen neuen Sollwert mit einstellbarer Geschwindigkeit übergehen. Auf diese Weise kann man einen Fahrplan aus geraden Linien zusammensetzen, wobei der Lastverteiler nur an den Knickpunkten des gebrochenen Linienzuges einzugreifen braucht.

III. Projekt einer Fernwirkanlage für ein großes Überlandnetz.

Wir haben nunmehr die erforderlichen allgemeinen Betrachtungen angestellt und auch die technischen Einzeleinrichtungen genügend besprochen, um ein größeres Phantasie-Projekt aufstellen und diskutieren zu können. Abb. 12 zeigt das Gesamtnetz mit allen wesentlichen Daten über die Kraftwerke und Umformerstationen. Es sind zwei speicherfähige Hochdruckwasserwerke vorhanden (Werk *A* und *B*), davon das eine mit Pumpenanlage (Werk *A*). Beide sollen Bereitschaftswerke sein. Von den beiden kalorischen Kraftwerken (*C* und *D*) besitzt das eine einen Dampfspeicher, dessen Speicherturbinen ebenfalls als Bereitschaftsmaschinen dienen sollen. Die drei Niederdruck-Wasserkraftwerke *I* ... *III* liegen an einem Flußlauf hintereinander und sind zum Zwecke des Wasserausgleiches einem besonderen Lastverteiler unterstellt. Das Wasserkraftwerk *IV* stellt ein kleines Laufwerk dar, welches die jeweils einfallenden Wassermengen verarbeitet. Im übrigen sind noch Transformator- und Schaltstationen vorhanden.

An zwei Stellen, nämlich anschließend an das Werk *A* und an das Umspannwerk *UW 4* hängt das betrachtete Netz mit fremden Netzen zusammen. Der Zusammenhang wird durch regelbare Isoliertransformatoren im Übersetzungsverhältnis von ungefähr 1 : 1 hergestellt. Der Lastverteiler befindet sich in der Nähe der Schaltstation *S*, in der außerdem noch ein Phasenschieber aufgestellt ist.

In das gleiche Bild sind mit kleinen Punkten die an den Lastverteiler zu meldenden Schalter eingetragen. Es handelt sich hierbei jedoch nicht um gewöhnliche Schalterstellungsmeldungen, es sollen vielmehr in der oben beschriebenen Weise kombinierte Begriffe gemeldet werden, welche darüber Auskunft geben, ob der Energieweg geschlossen

Dauernd zu übertragende Momentanwerte mittels Impulskompensations-Verfahrens.

Summenwirkleistung jedes Kraftwerkes.

Diese Leistungen sollen deshalb dauernd als Momentanwerte übertragen werden, damit neben der wirtschaftlichen Überwachung auch eine Kontrolle über die Ruhe des Betriebes möglich ist.

Im Zyklus übertragene Mittelwerte nach dem Zeit-Impuls-Verfahren.

Wirk- und Blindleistung aller 100 kV-Leitungen,
Summenwirk- und Blindleistung jedes Verbrauchers,
Summenblindleistung jedes Kraftwerkes.

Diese Meßwerte ergänzen diejenigen der ersten Art zu dem Gesamtprogramm der Leistungsüberwachung nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten.

Gruppenweise anreizbare Momentanwerte.

Auf jedem Verkehrskanal sind ferner noch mehrere Meßwerte gruppenweise zusammengefaßt. Aus jeder Gruppe kann ein Sendeinstrument gleichzeitig mittels der Fern-

Abb. 12. Projekt einer Fernwirkanlage. Übersichtsplan mit rückzumeldenden Schaltern.

steuereinrichtung vom Lastverteiler aus angerufen werden und überträgt seinen Meßwert so lange, bis ein anderes Instrument aus derselben Gruppe angerufen wird. Auf jedem Verkehrskanal können also ebenso viele Momentanwerte dauernd übertragen werden als Anreizgruppen vorhanden

sind. In diese Kategorie von Meßwerten sind u. a. folgende aufgenommen:

Wirk- und Blindleistung der Bereitschaftsmaschinen,
Frequenz- und Spannungsvergleich für die Fernsynchronisierung,
Sammelschienenspannung,
Leitapparatstellung bzw. Speicherdampfdruck der Bereitschaftsmaschinen.

Damit ist die Aufgabestellung, soweit sie die Orientierung des Lastverteilers betrifft, gegeben. Es würde zu weit führen, nun auch die für das ganze Netz geplanten Ferneingriffsmöglichkeiten voll aufzuzählen. Statt dessen wollen wir das vollständige Fernmeldeschema eines der Kraftwerke, nämlich des Bereitschaftskraftwerkes A, betrachten. Aus seiner Betrachtung geht alles Wesentliche hervor. Die Bereitschaftskraftwerke unseres Netzes sollen normalerweise ihrer eigenen Betriebsleitung genau so unterstehen wie die übrigen Werke. Nun soll der Lastverteiler in die Lage versetzt sein, bei Vorliegen besonderer, den technischen oder wirtschaftlichen Betrieb des Gesamtnetzes gefährdender Umstände von sich aus unmittelbar einzugreifen.

● absatzweise übertragene Mittelwerte ◎ auf Anreiz übertragene Momentanwerte ○ dauernd übertragene Momentanwerte

Abb. 13. Projekt einer Fernwirkanlage. Die zu übertragenden Meßwerte.

Insbesondere soll der Lastverteiler wenigstens über einen Teil der Leistung der Bereitschaftskraftwerke mit unmittelbarem Eingriff verfügen, um mit steilen Laständerungen, Ausfallen größerer Einheiten oder wichtiger Verbindungsleitungen fertig werden zu können. Zu diesem Zweck steht ihm in unserem Projekt in jedem automatisierten Bereitschaftswerk eine von der Kraftwerksleitung ausgewählte und als solche selbsttätig gemeldete Maschine, die „Bereitschaftsmaschine", zur Verfügung, die er durch Fernsteuerung anlassen, aufs Netz schalten und mit Wirk- und Blindleistung mittels Sollwertgebern belasten kann.

Abb. 14. Projekt einer Fernwirkanlage. Verkehr des Kraftwerks A.

Betrachten wir nun die in Abb. 14 dargestellten Fernwirkeinrichtungen unseres Bereitschaftskraftwerkes A. Im linken Teil des Bildes ist das Prinzipschema des Kraftwerkes angegeben. Rechts befindet sich eine sinnbildliche Darstellung der ankommenden und abgehenden Begriffe. Wie aus dem Schema rechts hervorgeht, werden von diesem Kraftwerk aus zum Lastverteiler zunächst acht Schalter gemeldet. Dann wird die Stellung eines Umschalters gemeldet, der entsprechend den vier Maschinen vier Stellungen besitzt, vom Kraftwerk aus bedient wird und dem Lastverteiler anzeigt, welche der vier Maschinen gegenwärtig als Bereitschaftsmaschine läuft. Gleichzeitig leitet dieser Umschalter die vom Lastverteiler kommenden, für die Bereitschaftsmaschine bestimmten Eingriffsimpulse der richtigen Maschine zu. Es folgt die Fernmessung zweier Gruppen anreizbarer Momentanwerte, aus denen durch den vom Lastverteiler ferngesteuerten Umschalter gleichzeitig je ein Meßwert ausgewählt werden kann. Dann werden sechs Meßwerte in einem Zyklus, der auch Meßwerte anderer von demselben Kanal bedienter Stationen enthält, als Mittelwerte übertragen. Die einzige dauernd als Momentanwert übertragene Größe ist endlich die Summenwirkleistung. Alle Arten von Fernmeßwerten sind im linken Teil des Bildes durch Sendeinstrumente angedeutet und an der entsprechenden Signatur wieder zu erkennen. Auch der ferngemeldete Umschalter zur Auswahl der Bereitschaftsmaschine ist unten in der Mitte eingetragen. Die vom Lastverteiler ankommenden Sollwertimpulse für die Wirk- und Blindleistung der Bereitschaftsmaschinen werden unter seiner Vermittlung dem Regelorgan der betreffenden Maschine zugeführt.

Nun kann auch gleich das in Vorschlag gebrachte Verfahren für die Hilfe des Lastverteilers bei der Synchronisierung auseinandergefallener Netzteile besprochen werden. Zu diesem Zweck besitzt jede Station einen selbsttätigen Synchronisator, der vom Bedienungspersonal der betreffenden Station nach Wahl auf einen beliebigen Schalter gelegt werden kann und beim Auseinanderfallen des Netzes in der Station an den Schalter gelegt wird, an welchem synchronisiert werden soll. Der Synchronisator, dessen Ausführung Abb. 15 zeigt, besitzt u. a. auch eine Einrichtung für einen Frequenz- und Spannungsvergleich, mit deren Hilfe die Frequenz- und Spannungsdifferenz fernmeßtechnisch zum Lastverteiler übermittelt werden kann. Kommt die Synchronisierung an den betreffenden Schalter mit oder ohne Verwendung des Synchronisators von selbst oder unter Einwirkung der betreffenden Station zustande, so ist alles zufrieden, am meisten der Lastverteiler. Ist jedoch die Station nicht imstande, genügende Frequenz- und Spannungsgleichheit herbeizuführen, so sendet sie ein durch Druckknopf ausgelöstes, mittels der Fernmelde-Einrichtung übertragenes Signal an den Lastverteiler. Erst auf diesen Hilferuf greift der Lastverteiler ein und holt sich mit Hilfe der Anreizvorrichtung den Frequenz- und Spannungsvergleich des Synchronisators, der nunmehr dauernd übertragen wird. Er überlegt sich nun, mit Hilfe welcher Bereitschaftskraftwerke er in den Synchronisiervorgang helfend eingreifen kann. Er findet dabei z. B., daß in beiden Netzteilen je ein Bereitschaftskraftwerk liegt. Seine Hilfe muß offenbar darin bestehen, daß er mittels dieser beiden Werke die Frequenz und Spannung in den zugehörigen Netzteilen hebt bzw. senkt, indem er die Füllung und Erregung der Maschinen, u. zw. am besten aller gleichzeitig, vergrößert bzw. verkleinert. Damit dies rasch geschehen kann, verfügt er zu jedem Bereitschaftswerk, also auch zu unserem Werk A über eine Fernsteuereinrichtung, welche getrennt auf Erregung und Füllung (hier Leitapparat) einwirkt und diese im einen oder anderen Sinne zu verstellen gestattet. Im Gegensatz zur betriebsmäßigen Regelung, bei der sich Leistung und Blindleistung nach vom Lastverteiler befohlenen Sollwerten ändern, wird also hier unmittelbar das Kommando „höher" oder „tiefer" so lange gegeben, bis der Lastverteiler zufrieden ist.

Abb. 15. Synchronisator.

Damit nun die beiden Arten des Ferneingriffs nicht miteinander in Konflikt geraten können, muß sich der Lastverteiler vor Beginn erst selbst auf „Synchronisierhilfe" umschalten und so einerseits bei sich seine Sollwertbefehlsgebung durch die „Höher-Tiefer"-Regelung ersetzen, anderseits seine Eingriffsimpulse, statt dem Sollwert-Istwert-Vergleichsapparat der Bereitschaftsmaschine, unmittelbar den Reglern aller Maschinen zuführen. Dies ist im sinnbildlichen Schema rechts durch den ferngesteuerten (unteren) Umschalter U, im Schaltbild links unten in nun ohne weiteres verständlicher Darstellung angedeutet.

Es ist ersichtlich, daß durch eine solche Einrichtung der Synchronisiervorgang bei schweren Netzstörungen

wesentlich erleichtert werden kann, eine Erleichterung, die man gern vorsehen wird, wenn sie durch eine unbedeutende Abänderung ohnehin vorhandener Fernmelde- und Fernsteuerorgane erzielt werden kann.

Damit ist die Aufgabestellung unseres Projektes erledigt, und wir können zu ihren fernmeldetechnischen Konsequenzen übergehen. Die Übertragung soll in unserem Projekt, abgesehen von der Kabelübertragung zwischen Lastverteiler und der nächstgelegenen Schaltstation S, ausschließlich mit Hochfrequenz erfolgen. Abb. 16 zeigt den hierfür vorgesehenen Wellenverteilungsplan. Er ist grundsätzlich aufgeteilt in Vorwärts- und Rückwärtsverkehr. Für den Vorwärtsverkehr sind, wie das Bild zeigt, zwei Wellen, für den Rückwärtsverkehr fünf Wellen vorgesehen. Außerdem dienen für die Telephonie vier Wellen im sog. Wellenwechselverkehr, der — da genügend bekannt — nicht näher erläutert zu werden braucht. Diese vier Telephoniewellen sind nach unseren heutigen Begriffen für die Abwicklung des Gesprächverkehrs zweifellos knapp, wenn nicht zu knapp. Man muß aber bedenken, daß heute ebenso zweifellos eine Menge Gespräche auf dem Hochfrequenztelephon geführt werden, deren Ersatz durch die straff disziplinierten Meldungen einer Fernwirkanlage sicherlich eine Betriebsverbesserung herbeiführen würde.

Abb. 16. Projekt einer Fernwirkanlage. Wellenverteilungsplan.

Anderseits bedeutet jede Telephoniewelle mehr eine schwere Beeinträchtigung der Fernwirkanlage, deren Wellen ohnehin bis aufs äußerste ausgenutzt werden müssen. Man sieht daher, daß die Telephoniewellen nicht ohne Rücksicht auf die Erfordernisse des Lastverteilerbetriebes vergeben werden dürfen, wenn man nicht die Entwicklung der Lastverteilertechnik für alle Zukunft festlegen will.

Abb. 17. Projekt einer Fernwirkanlage. Mehrfachausnutzung der Trägerwellen für den Rückwärtsverkehr.

Abb. 17 zeigt die Ausnutzung der fünf Trägerwellen für den Rückwärtsverkehr, wobei einerseits zur Mehrfachausnutzung von Synchronverteilern, anderseits von absatzweiser Übertragung derjenigen Meßwerte, die dies zulassen, Gebrauch gemacht ist. In ähnlicher Weise zeigt Abb. 18 die Belegung der Wellen für den Vorwärtsverkehr. Hier ist aus den früher erläuterten Gründen zur Mehrfachausnutzung der Hochfrequenzwellen von der Tonfrequenzmodulation Gebrauch gemacht. Die angewandten Mehrfachausnutzungsmethoden enthalten noch eine Reserve von ungefähr 100 %, so daß das Projekt noch erweiterungsfähig ist. Es ist gänzlich ausgeschlossen, eine auch nur annähernd so große Zahl von Begriffen ohne Anwendung aller hierfür vorgesehenen Hilfsmittel, insbesondere der absatzweisen Fernmeßübertragung, durchzuführen. Würde man in unserem Falle auf die absatzweise Übertragung verzichten, so wären bei gleicher Reserve mindestens acht weitere Trägerwellen erforderlich, und, selbst wenn man auf die Reserve ganz verzichtet, vier. Aber selbst diese lassen sich schwerlich mehr unterbringen. Selbstverständlich sind auch noch andere Gruppierungsmöglichkeiten der zu übertragenden Begriffe auf Trägerwellen, Synchronverteilerkontakten und Tonfrequenzen möglich. An der Gesamtzahl der Begriffe kann jedoch durch eine andere Gruppierung nichts Wesentliches geändert werden.

Abb. 18. Projekt einer Fernwirkanlage. Mehrfachausnutzung der Trägerwellen für den Vorwärtsverkehr.

Abb. 19. Projekt einer Fernwirkanlage. Leuchtschaltbild.

Die Anzeige der Schalterstellungsmeldungen und der für die wirtschaftliche Betriebsführung maßgebenden Meßwerte erfolgt auf dem **Leuchtschaltbild**, welches aus einzelnen Elementen aufgebaut ist, trotzdem aber noch die Darstellung der Leitungen vorsieht, wie es Abb. 19 zeigt. Außerdem befindet sich im Felde jeder Station noch das Signal für die Aufforderung zur Hilfeleistung bei der Synchronisierung.

Abb. 20 zeigt den **Gesamtaufbau der Warte**. Im Hintergrund befindet sich das Leuchtschaltbild, anschließend Felder für Registrierinstrumente. In der Mitte stehen zwei Pulte, die noch einer besonderen Besprechung bedürfen und in Abb. 21 einzeln herausgezeichnet sind. Das rechte Pult ist das Bereit-

schaftsmaschinenpult, welches ebenso viele Felder enthält, als Bereitschaftskraftwerke vorhanden sind, in unserem Falle also drei. Vorn auf der Pultplatte befinden sich Kommandoschalter und Rückmeldelampen für die Befehle „Bereitschaft" und „Einschalten". Der erste Befehl bewirkt Hochlaufen der Bereitschaftsmaschine und Selbstsynchronisierung auf das Netz, ohne daß die Maschine aufs Netz geschaltet wird, der zweite die Verbindung der Maschine mit dem Netz. Ausdrücklich sei darauf hingewiesen, daß eine solche Selbstsynchronisierung unter dem Einfluß von auf den Regler der Maschine wirkenden Phasenvergleichsrelais möglich ist und auch schon ausgeführt worden ist. Der Lastverteiler wird in Augenblicken der Gefahr seine sämtlichen Bereitschaftsmaschinen in Bereitschaft gehen lassen und erst nach Bedarf, was in sehr kurzer Zeit möglich ist, einschalten und belasten.

Abb. 20. Projekt einer Fernwirkanlage. Gesamtbild der Warte.

Hinter den Kommandoschaltern befindet sich links ein Signalfeld für die Anzeige der Meldung des Bereitschaftskraftwerkes, welche Maschine als Bereitschaftsmaschine zur Verfügung steht. Rechts davon befinden sich Anreiztasten für drei anreizbare Momentanfernmeßwerte. Diese werden in den drei Instrumenten angezeigt, die auf jedem Feld hinten angeordnet sind. Es sind die Wirk- und Blindleistung, ferner Leitradstellung bzw. Speicherdampfdruck.

Den Abschluß des Pultes nach hinten bilden auf jedem Feld je ein halbselbsttätiger Sollwertgeber für Wirk- und Blindleistung.

Abb. 21. Projekt einer Fernwirkanlage. Bedienungspult in der Warte.

Dem linken Pult kann man vielleicht den Namen Netzbetriebspult geben. Es dient der Überwachung des störungsfreien Betriebes und der Hilfe bei der Beseitigung der Störungen. Hinter dem Pult sind in drei Reihen die für den Betrieb wichtigen Meßinstrumente angeordnet, nämlich Wirk- und Blindleistung aller Stationen (Erzeugung und Verbrauch), davon die Wirkleistungen der Kraftwerke als dauernd übertragene Momentanwerte, so daß etwaige Pendelungen beobachtet werden können. Außerdem können die Sammelschienenspannungen aller Stationen, jedoch nicht alle gleichzeitig, als Momentanwerte beobachtet werden, Auswahl erfolgt durch die in der Mitte des Pultes befindlichen Anreiztasten. Auf der Pultplatte rechts sind fünf Felder für die Synchronisierung angeordnet, entsprechend den fünf Hauptverkehrskanälen für den Rückwärtsverkehr. Auf jedem der fünf Felder können vermittels der drei Tasten drei Stationen, jedoch nur je eine gleichzeitig, angereizt werden. Die angereizte Station gibt den Frequenz- und Spannungsvergleich des in der Station von Hand auf den richtigen Schalter geschalteten Synchronisators an die zwei mittleren Lampen des Pultfeldes. Diese lassen zuerst erkennen, ob die Spannungsdifferenz innerhalb der Spannungsgrenze liegt, und zeigt nach Erfüllung dieser Bedingung die Frequenzdifferenz an. Das sechste Feld der rechten Pultseite enthält Kommandoschalter und Rückmeldelampen für den Befehl an das Kraftwerk *A* „Speicherpumpen außer Betrieb". Diese Einrichtung dient dazu, bei plötzlicher Lastzunahme wenigstens die Pumpenbelastung rasch abzuschalten.

Links vom Arbeitsplatz befinden sich zwei Felder mit je einem Druckknopf „höher" oder „tiefer" zum Zwecke der Fernsynchronisierung. Jedes dieser Kommandopaare kann mittels Anreiztasten auf die früher (bei Kraftwerk *A*) besprochene Art zur Regelung von Spannung oder Frequenz eines Bereitschaftskraftwerkes benützt werden.

IV. Schlußbetrachtung.

Wir haben nun die Einzelheiten unseres Projektes genügend eingehend ins Auge gefaßt, um seinen allgemeinen Charakter erkennen und daran einige Betrachtungen knüpfen zu können.

Der Lastverteiler wird über alle ihn interessierenden Dinge mittels Fernmessung und Fernmeldung unterrichtet, wobei der die Orientierung begrenzende Kreis sorgfältig so gezogen ist, daß überflüssige und verwirrende Einzelunterrichtung vermieden bleibt. Auf Grund der ihm übermittelten Daten trifft der Lastverteiler seine Anordnungen, im allgemeinen mittels der üblichen Nachrichtenmittel, vor allem des Telephons. Darüber hinaus ist der Versuch gemacht, dort, wo es am nötigsten erscheint, und mit Hilfsmitteln, die gegenüber dem zur Unterrichtung vorgesehenen keinen übertriebenen Mehraufwand erfordern, den Lastverteiler auch zu direkten Eingriffen — sei es zur Sicherstellung des wirtschaftlichen oder des technischen Betriebes — zu befähigen. Zu diesem Zweck ist die Einrichtung der Bereitschaftskraftwerke und Bereitschafts-Phasenschieberstationen geschaffen, die zwar in gewohnter Weise ihren örtlichen Leitern unterstehen und im allgemeinen von ihnen im Benehmen mit dem Lastverteiler eingesetzt und belastet werden, die aber für besondere Fälle in genau festgelegter Weise direkten fernmeldetechnisch übertragenen Eingriffen des Lastverteilers zur Verfügung stehen.

An der Gesamtheit der im Projekt vorgesehenen Einrichtungen ist weniger Zukunftsmusik und mehr reale Wirklichkeit, als man bei oberflächlicher Betrachtung glauben könnte. Zunächst stehen die technischen Einzeleinrichtungen sämtlich heute zur Verfügung. Sie erfordern keine Entwicklungsarbeit mehr, die über die laufende Verbesserung hinausgeht. Aber auch ganze Anlagen gehören schon zum bewährten Besitz der Technik. Umfangreiche Fernmeß- und Fernmeldeanlagen sind schon in größerer Anzahl im Betrieb und breiten sich zusehends aus. Hochfrequenzverbindungen bestehen in fast allen großen Hochspannungsnetzen. Große, voll selbsttätige Wasserkraftwerke und Phasenschieberstationen sind in Betrieb; Fernregeleinrichtungen desgleichen. Es fehlt nur der geschlossene Einsatz der zur Verfügung stehenden Hilfstruppen zur Errichtung eines wirklich strategischen Ziels.

Liegt nun in der Aufrichtung und Verfolgung eines solchen Ziels, für welches unser Projekt nur die Rolle eines Beispiels, einer vorläufigen Möglichkeit darstellt, irgendetwas Utopisches? Betrachten wir die möglichen, auf der Hand liegenden Einwände.

Sie können sich auf das Organisatorische, das Technische und das Wirtschaftliche beziehen. In organisatorischer Hinsicht bedeutet natürlich jedes Streben nach straffererer Betriebsführung eine Zentralisation, welche den unteren Gliedern der Organisation — hier den einzelnen Werken — die Selbständigkeit beschneidet. Es ist aber nicht recht einzusehen, warum diese Tendenz, welche auf Grund offenbarer zwingender Notwendigkeit schon zur Überwindung des größten Schrittes, der Einrichtung einer zentralen Betriebsstelle — des Lastverteilers — fast überall geführt hat, nun vor der Fortsetzung dieses Weges haltmachen soll, da sie für den ganzen Betrieb von einschneidender Bedeutung ist, auf die Selbständigkeit der Werke aber nur mehr schwach zurückwirkt.

Der gewöhnliche technische Einwand besteht in dem Hinweis auf die Kompliziertheit der Einrichtungen. Für den Fernmeldetechniker, der mit Selbstanschlußämtern zu arbeiten gewöhnt ist, ist eine Anlage nach unserem Projekt sicher nicht kompliziert. Es scheint daher keine allzu gewagte Prophezeiung zu sein, wenn ich glaube, daß auch der Starkstromtechniker Vertrauen zu den fernmeldetechnischen Konstruktionen gewinnen wird.

Auch ist die Befürchtung, daß Einrichtungen, die sich einzeln alle bewährt haben, plötzlich versagen, wenn sie alle gleichzeitig verwendet werden, sicherlich ein übertriebener Pessimismus.

Der wirtschaftliche Einwand bezieht sich auf die allzu hohen Kosten. Hier kommt es vor allem darauf an, einen gerechten Maßstab anzulegen. Man sollte die Kosten einer solchen großen Fernwirkanlage mit den Kosten des gesamten Netzes vergleichen, da ja die durch sie erzielte Ersparnis infolge straffer er Betriebsführung dem Gesamtnetz zugute kommt. Auf dieser Basis wird man zu Beträgen in der Größenordnung 1 ... 2 ‰ der Gesamtnetzkosten kommen, einer Zahl, die nicht zu niedrig gegriffen erscheint, wenn man bedenkt, daß bei Vorhandensein der Verkehrskanäle die Kosten der ganzen Anlage nur verhältnismäßig schwach mit den an die Gesamtanlage gestellten Anforderungen steigen. Es kann wohl kein Zweifel darüber bestehen, daß der geringste Erfolg im Sinne einer sicheren und wirtschaftlichen Betriebsführung ein Vielfaches der für Anlagekosten dieser Größenordnung erforderlichen Amortisationsquote aufbringt.

Allen diesen Einwänden steht außerdem noch die gewichtige Frage gegenüber, ob eine Durchorganisation des Betriebes der einzelnen Großnetze mittels großer Fernwirkanlagen nicht überhaupt zur gebieterischen Notwendigkeit wird, wenn der in den letzten Jahren so vielfach diskutierte Zusammenschluß großer Netze zu Länder- oder gar Reichsnetzen in ähnlichem Tempo wie bisher Fortschritte macht. Man kann mit Recht daran zweifeln, ob der Austauschverkehr zwischen vielfach zusammengeschlossenen Netzen verschiedener Verwaltungen möglich ist, wenn nicht in jedem Netz eine Stelle vorhanden ist, die ihren Betrieb wirklich von Minute zu Minute beherrscht.

Sehen wir nun den Ausbau der großen Netze mit planmäßig entworfenen Fernwirkanlagen als notwendig an, so erhebt sich noch angesichts des hohen sonstigen Ausbaustandes der heutigen großen Netze die Frage, wie man sich allmählich in der als richtig erkannten Ausbaurichtung (der Fernwirkanlagen) bewegen kann. Hierfür hat die Betrachtung unseres Projektes wichtige Ergebnisse geliefert. Alle Einzeleinrichtungen der Fernmessung, Fernmeldung, Fernsteuerung, Fernregelung stehen miteinander und mit dem Telephon durch die Erfordernisse der Übertragungstechnik in Zusammenhang. Die wenigen in Überlandzentralen nur sparsam vorhandenen Verkehrskanäle müssen auf das sorgfältigste planmäßig verteilt werden, und auch bei der Auswahl der einzelnen Einrichtungen auf dem Gebiet der Fernwirkanlagen, insbesondere derjenigen der Fernmeßtechnik, sollte man sich in erster Linie vom Gesichtspunkt der Ersparnis von Verkehrskanälen leiten lassen. Es besteht sonst die Gefahr, daß eine aussichtsvolle Entwicklung für alle Zeiten durch unzweckmäßige Teilmaßnahmen verbaut wird. Der beste Weg ist freilich, von vornherein eine nach dem heutigen Stande der Erkenntnis vollständige Anlage zu planen und stufenweise auszubauen.

Aus allem aber geht hervor, daß die Initiative des Fortschrittes heute auf die Elektrizitätswerke übergehen muß und zum Teil schon übergegangen ist, da es sich kaum mehr darum handelt, neue Apparate zu entwickeln, sondern darum, die vorausschauend entwickelten sinnvoll einzusetzen. Wollen wir hoffen, daß dies gelingt!

Bemerkung.

Zum Schluß des Vortrages wurde als Demonstrationsbeispiel ein vollselbsttätiger Phasenschieber von 20 000 kVA Leistung im Kraftwerk Moabit der BEWAG gewissermaßen als Bereitschaftsphasenschieber behandelt und vom Vortragsaal aus in Betrieb gesetzt und wieder außer Betrieb genommen. Neben den beiden hierzu erforderlichen Kommandos übertrug die Fernmeldeeinrichtung die Rückmeldung über den Beginn und das Ende des Anlaufvorganges. Der Anlaufstrom und die Belastung des Phasenschiebers wurden fernmeßtechnisch überwacht. Der ganze Anlaßvorgang wurde auch durch Übertragung des Maschinengeräusches akustisch anschaulich gemacht. Für die Ermöglichung dieser Vorführung sprach der Vortragende der BEWAG seinen verbindlichsten Dank aus, welche die Vorbereitung der Vorführung bereitwilligst unterstützte, sowie der Reichspost, welche die erforderlichen Verbindungsleitungen zur Verfügung stellte.

RUNDSCHAU.

Apparate.

Ölablauf- und Sammelvorrichtungen. — In allen größeren elektrischen Anlagen, in denen ölgefüllte Apparate zur Aufstellung kommen, spielen die Ölablauf- und Sammeleinrichtungen nach wie vor eine nicht zu unterschätzende Rolle. Die Frage der Ölabführung bei beschädigten Apparaten bleibt auch dann noch wichtig, wenn die Ölschalter mehr oder weniger den öllosen Schaltern Platz gemacht haben werden, denn in Transformatoren, Meßwandlern und dgl. wird man auf Öl wohl einstweilen nicht ganz verzichten können. Die fast allgemein übliche Form der Ölsammelgrube ist recht kostspielig, insbesondere bei hohem Grundwasserstand.

Teilweise hat man auch auf eine Wiedergewinnung des Öles verzichtet und läßt dasselbe unter Zwischenschaltung eines Hohlraumes (zur vorläufigen Aufnahme) einfach im Boden versickern. Dieses Verfahren ist aber nur ratsam, wo ganz leichter Baugrund und ein tiefer Wasserstand vorhanden ist. Eine sehr anschauliche Übersicht über verschiedene Formen von Ölablaufvorrichtungen wurde bereits in der ETZ 1929, S. 1403, von E. Tebbe und W. Groezinger bekanntgegeben. Nachstehend wird eine äußerst einfache und billige Anordnung beschrieben, die von einem größeren mitteldeutschen Elektrizitätsunternehmen beim Bau einiger Umspannwerke angewendet wurde.

Die Ölauffangtrichter in den Schalterboxen wurden in normaler Weise hergestellt. Jede Schaltzellenreihe wurde an ein Sammelrohr, welches, etwa 1 m von der Gebäudeaußenkante entfernt, in Längsrichtung der Schaltanlage verläuft, mit Krümmern und T-Stücken angeschlossen. Das Längsrohr wurde über die Giebelwand der Schaltzellenreihe hinaus verlegt und mit einem Krümmer versehen, etwa 10 cm über die Erdoberkante hochgezogen. Die Rohrmündung wurde durch einen eisernen Deckel so abgeschlossen, daß Regenwasser nicht eindringen kann, eine dauernde Lüftung der Rohrleitung aber gesichert ist. Hiermit ist die ganze Ölauffang- und Sammeleinrichtung fertiggestellt.

Zu beachten ist folgendes: Der höchste Ölstand im Sammelrohr darf, wenn 2 oder 3 Schalterkessel (je nach Wahl) ausgelaufen sind, nicht über dem Einlauf der letzten Schaltzelle liegen (Abb. 1). Hiernach ist also entweder die Länge oder der Durchmesser des Sammelrohres zu bemessen. In den meisten Fällen wird es darauf hinauskommen, daß man das Sammelrohr reichlicher bemißt, als für den Ablauf eigentlich erforderlich. Vorteilhaft werden die Zuflußrohre der einzelnen Zellen mit recht starkem Gefälle verlegt, so daß ein möglichst großes Stück der Sammelleitung bereits als Sammelbehälter angesehen werden kann. Bei dem vorbeschriebenen Verfahren kann man mit den Rohren recht tief in den Boden hineingehen, da bei Verwendung von innen und außen glasierten Tonrohren, die gut abgedichtet verlegt sind, auf das Grundwasser keine Rücksichtnahme nötig ist.

Abb. 1. Schema einer Ölablaufeinrichtung, bei der das Ölsammelrohr zugleich als Sammelbehälter dient.

Eine Beschotterung der Ölfangtrichter ist nicht nötig, da ein Weiterbrennen des Öles nicht stattfindet, wenn das auslaufende Öl den Rohrquerschnitt voll ausfüllt. Im Gegensatz dazu sind Rückzündungen im Rohr und am Rohreintritt erfolgt, wenn das Öl in eine Sammelgrube ausläuft und Luft durch das Rohrsystem eintreten kann[1].

Immerhin ist eine Beschotterung der Fangtrichter mit gewaschenen glatten Kieselsteinen in einer Korngröße von 20 ... 50 mm in etwa 10 ... 20 cm Höhe unbedingt

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1404, 3. Versuch. (Die Stauung des Öles, von der in den Berichten von E. Tebbe u. W. Groezinger gesprochen wird, ist bei der hier beschriebenen Einrichtung durch den über Erde führenden Rohrkrümmer gegeben.)

als gefahrmindernd anzusehen, da durch dieses Schottersieb das Öl sehr gut abgekühlt wird.

Bei den oben erwähnten Anlagen wurden die Rohre **nicht** reichlicher bemessen als gerade erforderlich; es genügten die auch sonst verwendeten Tonrohre von 200 mm l. W. Hierbei wurde mit einer Ölaufnahme von 2 Schalterkesseln gleich etwa 800 l gerechnet. Bei Großtransformatoren und 100 kV-Ölschaltern wird man zweckmäßig die Rohre entweder reichlicher bemessen oder entsprechende Längen verlegen oder zwischen beiden Möglichkeiten ein Mittel wählen.

Die Vorzüge der beschriebenen Ausführungsform für Ölsammeleinrichtungen sind folgende:

1. weiter Spielraum für die Anpassung der Rohranlage an die Grundstücksform,
2. desgl. bei Bemessung der Inhaltsaufnahme durch Wahl des Rohrquerschnittes und der Rohrlängen,
3. billige Anlagekosten,
4. Unabhängigkeit vom Grundwasserstand,
5. sehr bequemes Auspumpen des Öles aus dem über Erdboden endigenden Standrohr,
6. leichte Möglichkeit zum Auspumpen von etwa mit der Zeit doch eingedrungenem Grundwasser,
7. außerordentliche Sauberkeit bei Verwendung von innen glasierten Tonrohren.

Die vorbeschriebene Anordnung dürfte bei gefährdeten Anlagen, namentlich wenn Raummangel hinzukommt, besondere Vorteile bieten.

C. L. Wollenberg, Halle a. S.

Elektromaschinenbau.

Die Kompoundierung der Haupterregermaschine. — Bei allen im Netz eintretenden Störungen werden in der Induktorwicklung der Synchronmaschine Ströme induziert, welche diesen Störungen entgegenwirken und für die Aufrechterhaltung des ungestörten Betriebes wichtig sind. Diese Ströme klingen mit der durch den Betriebszustand bedingten Zeitkonstante der Induktorwicklung ab. Ihr zwischen Leerlauf- und Kurzschlußzeitkonstante liegender Wert wird angegeben. Die magnetische „Hauptfeldträgheit" des Induktorkreises, welche für alle vom Luftspaltfeld der Synchronmaschine ausgelösten Ausgleichvorgänge maßgebend ist, soll also möglichst groß sein. Davon zu unterscheiden ist die magnetische „Erregerträgheit" des Induktorkreises, die für alle Vorgänge maßgebend ist, die von der Gleichstromseite her durch Betätigung des Reglers eingeleitet werden. Die Erregerträgheit soll nicht größer als unbedingt notwendig sein. Die untersuchte Erregeranordnung besteht aus Haupt- und Hilfserregermaschine. Die Haupterregermaschine ist mit gut verteilter Kompensationswicklung versehen, so daß der Induktorkreis mit dem Feld der Haupterregermaschine, wenn von der Kompoundwicklung abgesehen wird, transformatorisch nicht verkettet ist.

Durch Kompoundierung der Haupterregermaschine wird der im Ohmschen Widerstand des Induktorkreises verbrauchten Spannung entgegengewirkt. Es ist so, als ob der Ohmsche Widerstand R des Induktorkreises mit einem kleineren Wert R' zur Wirkung kommt. Das in Betracht kommende Stück der Leerlaufcharakteristik der Haupterregermaschine wird geradlinig, sonst aber beliebig angenommen. Die magnetische Trägheit des fremderregten Feldkreises der Haupterregermaschine wird zunächst im Verhältnis zur magnetischen Hauptfeldträgheit des Induktorkreises vernachlässigt. Es ergibt sich, daß bei Einstellung einer bestimmten zusätzlichen Erregung der erste Anstieg des Induktorstromes unabhängig vom Grad der Kompoundierung ist und daß die Zeitkonstante des Regelvorganges im gleichen Verhältnis wie der erreichte Endwert der Zusatzspannung ansteigt. Wenn nicht um eine bestimmte zusätzliche Erregung, sondern auf einen vorgegebenen neuen Spannungsendwert geregelt wird, dann muß man bei der nicht kompoundierten Maschine den Betrag der zusätzlichen Erregung größer wählen. Jetzt sind Anfangs- und Endwert gleich. Bei der kompoundierten Maschine kommt die vergrößerte Zeitkonstante voll zur Geltung; der Anstieg vom gleichen Anfangs- zum gleichen Endwert vollzieht sich träger. Im normalen Betrieb kann man diesen Nachteil vermeiden, wenn der im fremderregten Kreis der Haupterregermaschine arbeitende Schnellregler unabhängig vom Grad der Kompoundierung dieselbe zusätzliche Erregung einstellt, d. h. also bei der kompoundierten Maschine stärker überregelt. Man verzichtet damit auf eine Entlastung des Schnellreglers durch die Kompoundierung der Haupterregermaschine. Eine Änderung des Luftspaltfeldes in der Synchronmaschine erzeugt einen zusätzlichen Strom in der Induktorwicklung, dessen Anfangswert vom wirksamen Widerstand des Induktors unabhängig ist. Das Abklingen dieses Stromes findet mit der vergrößerten Zeitkonstante statt. Es kann also durch weitgehende Kompoundierung sehr verlangsamt werden.

Es wird dann der Regelvorgang einer stark kompoundierten Haupterregermaschine rechnerisch verfolgt und es werden die beiden Differentialgleichungen für den Induktorkreis und den fremderregten Erregerkreis der Haupterregermaschine angeschrieben. Die Auflösung wird für zwei besondere Fälle durchgeführt. Ferner wird noch über die Ergebnisse der rechnerischen Untersuchung eines speziellen Falles berichtet, wobei ein Drehstromgenerator von 40 000 kVA, 214 U/min, 50 Hz, 15 000 V, 1540 A, mit direkt gekuppelter Haupt- und Hilfserregermaschine zugrunde gelegt ist. Der Kompoundierungsgrad beträgt bei der normalen Haupterregerspannung von 190 V etwa 50 %. Die Untersuchung zeigt, daß der Kopplungsgrad zwischen fremderregter und Kompoundwicklung ohne Einfluß ist. Im Falle der Stoßerregung tritt die Wirkung der Kompoundierung durch die starke Sättigung der Haupterregermaschine zurück. (A. Mandl, Arch. El. Bd. 25, H. 3, S. 153.)

Meßgeräte und Meßverfahren.

Selbsttätige Synchronisier-Einrichtung. — Zunächst werden die Grundbegriffe der selbsttätigen Synchronisierung erläutert und die Anforderungen an einen idealen Synchronisierapparat zusammengestellt; es sind die folgenden:

1. Der Apparat soll nur innerhalb einer vorbestimmten Frequenzdifferenz arbeiten, und es soll möglich sein, mit einer einzigen Justierung diesen Arbeitsbereich zu ändern.
2. Der Apparat muß den Auslöser für den Ölschalter vor dem Erreichen der Phasengleiche betätigen. Der Betrag dieser Voreilung muß proportional der augenblicklichen Frequenzdifferenz sein. Durch eine einzige Justierung muß es möglich sein, die Voreilung zu ändern, so daß die Synchronisier-Einrichtung an Ölschalter verschiedener Eigenzeit angepaßt werden kann.

Es werden dann zwei verschiedene neue selbsttätige Synchronisier-Einrichtungen und ihre Wirkungsweise beschrieben. Der Aufsatz zeigt die Verfahren, mit denen für eine beliebige Frequenzdifferenz innerhalb der Grenzen des Arbeitsbereiches beide Modelle die Auslösespule des Ölschalters noch vor dem Erreichen des Synchronismus erregen, wobei die Voreilung der Auslösezeit des Ölschalters entspricht, so daß die Zusammenschaltung immer in dem Augenblick kleiner Phasendifferenz erfolgt. Schließlich wird über eine Versuchsreihe berichtet, die die Überlegenheit der selbsttätigen Synchronisierung gegenüber der manuellen Synchronisierung zeigt, ferner über die Ergebnisse von 44 Parallelschaltversuchen mit den neuen Synchronisiergeräten in einem selbsttätigen Wasserkraftwerk mit drei 850 kVA-Generatoren. Die durchschnittliche Synchronisierzeit war mit beiden Modellen 58 bzw. 30 s, die maximale Zeit 200 bzw. 25 s, wenn man die Zeit des Hochfahrens mit 35 ... 40 s abrechnet. (F. H. Gulliksen, Transact. Am. Inst. El. Engs. Bd. 48, S. 1178.) *Kth.*

Prüfung der Oberflächenbeschaffenheit von Blechen. — Im Forschungsinstitut der Vereinigten Stahlwerke AG., Dortmund, wurde eine Versuchsanordnung entwickelt, die mit Hilfe einer lichtelektrischen Zelle die Glätte von Blechen unmittelbar durch den Ausschlag eines elektrischen Meßinstruments zu bestimmen gestattet. In einem lichtdichten Kasten (Abb. 2) findet sich eine Lichtquelle von

Lichtquelle
G
Probe
Lichtelektrische Zelle

Abb. 2. Apparat zur Messung der Oberflächenbeschaffenheit von Blechen.

konstanter Helligkeit, z. B. eine normale Kraftwagenlampe, die bei 12 V Spannung mit 2,5 A brennt, und deren Licht durch ein Linsensystem parallel geführt wird und auf das Prüfstück fällt. Von dort zurückgeworfen, gelangt das Licht zu einer lichtelektrischen Zelle, wo es einen elektrischen Strom auslöst, der mit dem Galvanometer G gemessen wird. Je stärker das Licht an der zu prüfenden Oberfläche zerstreut wird, um so weniger wird davon in die Photozelle auf die dort befindliche Metallschicht ge-

langen. Der hervorgerufene und mit dem Galvanometer gemessene Strom gibt also ein Maß für die Rauhigkeit der Oberfläche. Ein Vorteil der Anordnung besteht darin, daß nicht nur ein kleiner spaltförmiger Ausschnitt aus dem Blech gemessen wird, sondern daß die beleuchtete Fläche entsprechend dem Durchmesser der optischen Einrichtung und der Größe der Photozelle auch größer sein kann. Das Prüfstück kann in kürzester Zeit mit verschiedenen Stellen an die Öffnung der Apparatur gelegt werden. Zur Abnahmeprüfung für Bleche ist die Vorrichtung aber wenig geeignet, da zur Beurteilung der Bleche schon eine große Anzahl von Messungen notwendig ist. Für wissenschaftliche Untersuchungen, z. B. zur Prüfung des Zusammenhanges zwischen Glätte und Haftfestigkeit von Farben, eignet sich der Apparat gut. (E. G e r o l d, St. u. E. Bd. 51, S. 104.) *Ka.*

Installation.

Übergangsendverschlüsse. — Die heutige Art der Installation bedingt in vielen Fällen einen Übergang von Erdkabel auf eine andere Leitungsart (Stahlpanzerrohr — Feuchtraumleitung). Um diesen Übergang zu ermöglichen, versah man die Deckel der Endverschlüsse mit einem, der Weiterleitung entsprechenden Anschluß und verband im Endverschluß die ankommenden Kabeladern mit der Weiterleitung durch Klemmen. Diese Art des Übergangs war jedoch eine dauernde Gefahrenquelle, da der Innenraum der Endverschlüsse, insbesondere der genormten, nicht für die Verbindung von Leitungen berechnet ist. Die Endverschlüsse dienen vielmehr, wie aus Abb. 3 ersichtlich, nur zum Freilegen der Kabeladern zwecks Anschlusses an die Verbrauchsstelle. Die Elektrotechnische Fabrik Pötter & Schütze G. m. b. H., Essen-Rellinghausen, stellt für diesen Zweck Übergangsendverschlüsse her, in welche, wie aus Abb. 4 ersichtlich, Klemmen zum Verbinden der ankommenden, mit der weiterführenden Leitung eingebaut sind. Die Übergangsendverschlüsse werden mit einer und mit zwei Kabeleinführungsöffnungen hergestellt. Bei letzterer Type wird im Übergangsendverschluß außer der Weiterleitung zur Verbrauchsstelle die Verbindung des ankommenden mit dem abgehenden Kabel getätigt. Es fällt also das Einbauen von Abzweigmuffen im Kabelstrang fort. *fi*

Abb. 3. Schnitt durch normalen Endverschluß.

Abb. 4. Übergangsendverschluß.

Fernmeldetechnik.

Das Fernsprech-Seekabel Deutschland—Schweden 1930. — Nachdem das erst im Jahre 1927 ausgelegte 12paarige dritte Fernsprech-Seekabel Deutschland—Schweden infolge der raschen Zunahme des internationalen Fernsprechverkehrs sich bereits im Jahre 1929 als nicht ausreichend erwiesen hatte, entschlossen sich die deutsche und die schwedische Fernsprechverwaltung, das neu auszulegende Kabel von vornherein so reichlich zu bemessen, daß es dem Bedarf für eine längere Reihe von Jahren gerecht werden konnte. Dementsprechend wurde ein Kabel von 42 Viererseilen zu 1,2 mm und 1 Rundfunkpaar zu 1,75 mm-Adern, zusammen 170 Adern vorgesehen, d. i. fast doppelt soviel wie bei dem bis dahin stärksten Fernsprech-Seekabel, dem im Jahre 1929 ausgelegten 90adrigen Kabel von Pommern nach Ostpreußen. Eine weitere Besonderheit des neuen Kabels ist die Erhöhung der Grenzfrequenz für die Fernsprechadern auf 6500 Hz und die dadurch ermöglichte Anwendung des Zweiband-Fernsprechens. Das Kabel ist ein pupinisiertes Sternviererkabel mit Papierisolierung. In Abständen von 1,9 km sind Pupinspulenstücke eingebaut, die einschließlich der konischen Übergangsteile je 9 m lang sind.

Die Auslegung des Kabels im Sommer 1930 wurde durch Sturm und schweren Seegang außerordentlich beeinträchtigt. Menschen, Kabel und Legeschiffe befanden sich wiederholt in Gefahr. Mehrmals mußte die Legung unterbrochen werden, zuletzt noch kurz vor Erreichung der schwedischen Küste. Die Landung war wegen starken Seegangs und hoher Brandung nicht möglich, das Schiff konnte auch nicht vor Anker am Kabel gehalten werden. Man mußte sich daher entschließen, die Restlänge von etwa 5 Seemeilen Länge vorläufig parallel der Küste zu versenken. Bei der Wiederaufnahme in der übernächsten Nacht zeigte sich ein Erdschluß in einer Ader. Er wurde sogleich eingegrenzt und als Berührung in einer Fabrik-Zwischenlötstelle ermittelt. Die Fehlerbeseitigung konnte sofort inmitten der sonstigen Legearbeiten ohne großen Zeitverlust ausgeführt werden und lieferte den praktischen Nachweis, daß die Instandsetzung von Pupinseekabeln nicht mehr Schwierigkeiten bietet als bei anderen Fernsprech-Seekabeln.

Die elektrischen Eigenschaften des Kabels zeigten bei der Abnahme allgemein günstigere Werte, als das Pflichtenheft verlangte. Beispielsweise lagen die Abweichungen der Wellenwiderstandskurven erheblich unter der Vertragsgrenze von 8 %. Die mittlere Dämpfung für das fertige Kabel betrug bei 800 Hz 3,6 Neper, bei 5200 Hz 4,5 Neper gegen die Vertragswerte von 4,2 und 4,8 Neper. Die Übersprechwerte, die nach dem Vertrag bei den Fernsprechadern mindestens 12,5 Neper für das untere Frequenzband, 11,5 Neper für das obere Frequenzband und 13 Neper bei dem Rundfunkpaar betragen sollten, lagen auch in den Mindestzahlen nicht unwesentlich höher, die Mittelwerte ergaben sich entsprechend zu 15.8, 14.4 und beim Rundfunkpaar zu 14,8 und 13.8 Neper. (E. M ü l l e r u. R. F e i s t, Europ. Fernspr. 1931, H. 22, S. 93; H. 23, S. 197.) *Bkm.*

Hochspannungstechnik.

Einfluß der Stromverdrängung auf die Stirnform von Sprungwellen. — Es wird auf eine weniger bekannte schwedische Veröffentlichung von P l e i j e l[1] verwiesen, in der die Abflachung von Sprungwellen durch Stromverdrängung mit Hilfe der Heavisideschen Operatorenrechnung behandelt ist. Die Pleijelschen Rechnungen werden ausführlich besprochen und ergänzt. Die durch Stromverdrängung abgeflachte Wellenstirn läßt sich durch das Gaußsche Fehlerintegral darstellen, dessen Argument in einfacher Weise von den Leitungskonstanten (Wellenwiderstand, elektrischer und magnetischer Leitfähigkeit, Stirngeschwindigkeit der Welle) und vom Wanderweg abhängig ist. Die größte Wellensteilheit kann man, wie schon Pleijel zeigte, auf analytischem Wege durch zweimalige Differentiation der Spannungsfunktion nach der Stirnkoordinate der Welle darstellen. Die maximale Stirnsteilheit läßt sich wieder einfach aus den Leitungskonstanten und der Laufzeit berechnen. Das Gesetz für den Verlauf der durch eine Spannungswelle mit rechteckiger Front ausgelösten Stromwelle wird abgeleitet. An Hand einer Zahlentafel, in der das Abflachungsmaß für Freileitungen mit verschiedenen Leitermaterialien sowie für Kabel abhängig vom Leiterquerschnitt und von der Länge des Wanderweges aufgetragen ist, läßt sich mit Hilfe von Kurvenscharen die durch Stromverdrängung erzielbare Wellenverschleifung abschätzen und für eine gewisse Laufzeit die Stirnlänge der Welle ermitteln. Diese beträgt z. B. 110 m für eine Sprungwelle von der Rückenhöhe 100 kV, die einen Weg von 94 km auf einer Freileitung von 120 mm² Querschnitt zurückgelegt hat. Die Wellenverflachung durch Eisenleitungen wird diskutiert, wobei sich ergibt, daß eine günstige Schutzwirkung aus wirtschaftlichen Gründen auf kleine Netzausläufer mit geringem Leitungsquerschnitt beschränkt bleibt. Es werden noch die maximalen Spannungsgradienten der durch eine Schutzkapazität mit der durch Eisenleitungen abgeflachten Sprungwelle verglichen. Ferner wird die Abflachung einer zwischen Leitung und Erde verlaufenden Sprungwelle behandelt. Endlich ergibt eine Gegenüberstellung der hier gewonnenen Resultate mit Ergebnissen, welche M o e l l e r[2] auf Grund eines anderen physikalischen Ansatzes erhält, daß die Ausdrücke für die maximale Wellensteilheit sowohl qualitativ in ihrer Abhängigkeit von den Leitungskonstanten und vom Wander-

[1] P l e i j e l, Tekn. Tidskr. 1918, H. 11, S. 129.
[2] M o e l l e r, Arch. El. Bd. 15, S. 547 (1926); Bd. 16, S. 289 (1926); Bd. 18, S. 399 (1927).

weg als auch der Größenordnung nach gut mit den Moellerschen Werten übereinstimmen. (P. Jacottet, Wiss. Veröff. Siem.-Konz. Bd. 8, H. 3, S. 54.) *Sb.*

Dämpfung und Verzerrung kurzer Sprungwellen durch Stromverdrängung im Erdreich. — In einer früheren Arbeit (s. vorangehendes Referat) war die abflachende Wirkung der Stromverdrängung auf die steile Front einer Sprungwelle mit unendlicher Rückenlänge untersucht worden. Im Anschluß daran werden mit einigen Näherungsannahmen die Gesetze für die Dämpfung und Abflachung von Rechteckwellen begrenzter Rückenlänge abgeleitet. Insbesondere wird die Dämpfung und Verzerrung einer zwischen Leitung und Erde verlaufenden steilen Spannungswelle unter dem Einfluß der Erdstromverdrängung untersucht. Das auf Grund der Rechnung ermittelte Dämpfungsgesetz wird mit Ergebnissen in Amerika durchgeführter experimenteller Untersuchungen[1] über Dämpfung von Gewitterüberspannungen längs Hochspannungs-Freileitungen verglichen. In einer Reihe amerikanischer Netze wurden die Scheitelwerte von Überspannungswellen in verschiedenen Entfernungen vom Ursprungsort der Störung mittels Klydonographen und Kathodenstrahloszillographen registriert. Die Spannungen lagen über der Ansprechspannung für Koronaentladung. Von Lewis wurde ein auf zahlreiche Messungen sich gründendes empirisches Dämpfungsgesetz für Sprungwellen angegeben. In Abb. 5

Abb. 5. Dämpfung einer steilen Spannungswelle durch Korona und Stromverdrängung in der Erde.

ist der Vergleich der Rechnung, die lediglich den Einfluß der Erdstromverdrängung erfaßt, mit der Messung (Dämpfungskurve nach Lewis) für ein amerikanisches 132 kV-Netz der Ohio Power Co. veranschaulicht. Es wurden die Scheitelwerte der Spannungswelle abhängig von der Entfernung vom Ursprungsort der Welle aufgetragen. Man sieht, daß die Wanderwelle durch Koronaverluste, namentlich für kurze Laufzeiten, viel stärker gedämpft wird, als sich theoretisch allein durch Berücksichtigung der Stromverdrängung in der Erde ergeben würde. Für den weiteren Verlauf der Welle spielt jedoch die dämpfende Wirkung der Erdstromverdrängung eine nicht zu vernachlässigende Rolle. Der Vergleich des Experimentes mit der theoretischen Untersuchung gestattet die Beteiligung der Einzelverluste, nämlich der Korona und Stromverdrängung an der Wellendämpfung abzuschätzen. (P. Jacottet, Wiss. Veröff. Siem.-Konz. Bd. 10, H. 1, S. 42.) *Sb.*

Allgemeiner Maschinenbau.

Fortschritte im Dampfkesselbau. — Am 22. IV. d. J. fand die 20. ordentliche Mitgliederversammlung der „Vereinigung der Großkesselbesitzer" zu Dresden statt. Unter den auf der Tagung gegebenen Berichten über die von der „Vereinigung" zur Förderung des Kesselbaus und Kesselbetriebes veranlaßten Forschungsarbeiten gab besonders der von Lupberger, „Das Studienprogramm der VGB für legierte Rohre", einen vielversprechenden Ausblick auf weitere Fortschritte im Dampfkesselbau. Die in verschiedenen Materialprüfungsanstalten durchgeführten Untersuchungen an einer Reihe von Sonderstählen, wie vornehmlich Molybdän-Stählen und Chrom-Molybdän-Stählen, bei denen sich der Molybdängehalt zwischen 0,3 und 0,6 % bewegte, haben ergeben, daß diese legierten Stähle in ihren technologischen Eigenschaften nicht nur den Anforderungen der amtlich vorgeschriebenen Abnahmeprüfungen gewachsen sind, sondern vor allem wesentlich höhere Festigkeitsziffern bei hohen Temperaturen über 400 ° C, insbesondere über eine längere Belastungsdauer aufweisen als die üblichen einfachen Kohlenstoffstähle mit einem Kohlenstoffgehalt von etwa 0,1 %. Die neuen Werkstoffe fördern in dieser Eigenschaft besonders den Überhitzerbau, da man bei der Möglichkeit, der Berechnung etwa doppelt so hohe Werkstoffbeanspruchung zugrundezulegen, die Wandstärke der Rohre herabsetzen und zu höheren Dampftemperaturen übergehen kann, womit der Wirkungsgrad der Dampfkraftanlagen erhöht wird. Überhitzer für Austrittstemperaturen von 500 ° C erscheinen durchaus möglich. Die geringen Wanddicken bei Überhitzerrohren und anderen Kesselteilen aus legiertem Werkstoff ermöglichen, daß diese Kesselteile nicht teurer sein brauchen als solche aus einfachen Kohlenstoffstählen. Mit dem Ergebnis der Untersuchungen dürften irgendwelche Bedenken, die gelegentlich gegen die neuen Stähle vorgebracht waren, gegenstandslos sein, und die Kesselbau-Vorschriften sind auf die neue Werkstoffentwicklung einzustellen.

Aus den Erfahrungen im Dampfkesselbetriebe sprach zunächst Bauer „Über die Ursachen von Dampfkesselschäden". An einer Reihe von Werkstoffprüfungen an beschädigten Kesselteilen des Materialprüfungsamtes Dahlem wurde zur Vermeidung von Kesselschäden auf folgende Erfordernisse hingewiesen: 1. bester Werkstoff, 2. ganz einwandfreie Behandlung des Werkstoffs, Vermeidung von Kaltbearbeitung, 3. Prüfung des Wasserumlaufs, elastische Anordnung der Kesselteile, 4. Unterlassung von Flickarbeit bei Reparaturen, da sie nutzlos und gefährlich ist.

Besonders bezeichnend auf dieser Tagung für die Erörterungen zu Kesselschäden war die Betonung falschen oder ungenügenden Wasserumlaufs als Ursache für diese. Beim Auftreten von Schäden infolge Korrosion sei zuerst in eine Prüfung des Wasserumlaufs einzutreten, ehe eine andere chemische Behandlung des Speisewassers vorgenommen wird. In letzter Zeit sind neuerdings mit einem Phosphatzusatz zur Verhinderung von Kesselsteinansatz gute Erfahrungen gemacht worden. Wie wichtig ein guter Wasserumlauf ist, war besonders dem Vortrage von Ziegler, „Korrosionsschäden an 45 atü-Kesseln und ihre Beseitigung", zu entnehmen, der eingehend die Korrosionserscheinungen in der obersten Reihe des oberen Rohrbündels bei Schrägrohrkesseln von je 1000 m² und 40 bis 50 t/h Dampfleistung behandelte. Durch die Untersuchung zeigte sich, daß in den oberen Rohrreihen ein Wasserrücklauf stattfand, der das Abziehen der Dampfblasen hemmte, was zu Eisenoxydausscheidung an der Rohrwand führte, so daß Wärmestauungen auftraten, die Überhitzungen und Platzen der Rohre im Gefolge hatten. Man half sich hier durch Abstöpselung der Rohre am unteren Ende, um die Kessel gebrauchsfähig zu machen.

Für die weitere Entwicklung der Höchstdruck-Dampfkesselanlagen war von großer Bedeutung der Vortrag von Marguerre, „Erfahrungen in 100 atü-Anlagen". Eingehend wurde über eine Reihe von Störungen, insbesondere Korrosionen an Siederohren berichtet, die durch Änderung des Wasserumlaufs der Kessel, Einbau von Rohren aus legierten Stählen (Krupp-Sicromal) anstatt der Rohre aus Kohlenstoffstählen und durch Herabsetzen des Sauerstoffgehalts auf etwa 0,01 mg/l im Speisewasser beseitigt worden sind. Korrosionsschäden sind seit einem Jahr nicht wieder aufgetreten, so daß die Überzeugung besteht, daß diese Schäden endgültig überwunden sind. Auch einigen Schwierigkeiten an den Armaturen und Hilfseinrichtungen ist man mit Erfolg begegnet. Mit den Höchstdruck-Vorschaltturbinen hat man günstige Erfahrungen gemacht. So hat sich im Großkraftwerk Mannheim gezeigt, daß Höchstdruckanlagen mit der gleichen Betriebsicherheit wie Anlagen geringeren Dampfdrucks betrieben werden können. Diese Erfahrung deckt sich mit der in Amerika gemachten, wo bereits Kraftwerke mit einer Leistung von über 1 Mill kW mit Höchstdruckdampf im Betriebe sind. Aus dieser Praxis hat sich auch die wirtschaftliche Überlegenheit des Höchstdruckdampfes ergeben. In Mannheim ist der heutige Verbrauch an Brennstoff etwa ½ kg Kohle von 7000 kcal, wiewohl die Belastungsverhältnisse infolge geringeren Strombedarfs nicht günstig sind. Die Unterhaltungskosten einschließlich Bedienung und Unterhaltung gleichen denen bei der alten 20 atü-Anlage. Eine Einrichtung von Höchstdruckanlagen sei bei 1500 Betriebstunden und 14 RM/t Kohlenkosten, vornehmlich als Vorschaltanlagen durchaus berechtigt. Für diese kämen Dampfdrücke von nur 35 atü nicht in Frage. *Pye.*

Verschiedenes.

Neue Auslandsnormen. — Amerika (American Institute of Electrical Engineers, 33 West 39th Street, New York): AIEE 23-August 1931, Relays — Belgien (Comité Electrotechnique Belge, Rue Royale 154, Bruxelles):

[1] F. W. Peek jun., 2. Weltkraftkonferenz 1930, Ber. Nr. 263, Sekt. 21.

Rapport No. 7-Juni 1931, Machines et Transformateurs électriques (à l'exclusion du matériel de traction) — Rapport No. 51-Juni 1931, Moteurs de traction à courant continu pour tramways et chemins de fer (Gleichstrom-Bahnmotoren für Straßen- und Eisenbahnen) — England (British Engineering Standards Association, 28 Victoria Street, London S.W. 1): BESA 234-1931 Ebonite for electrical purposes (Ebonit) — BESA 415-1931 Mains supply apparatus for radio and acoustic reproduction for use on alternating-current mains (Netzanschlußgeräte für Rundfunk und Tonwiedergabe für Anschluß an Wechselstromnetze) — BESA 419-1931 Varnished cloth sheet, strip or tape for electrical purposes (Lackleinwand) — Rußland (Conseil de Travail et de Défense. Comité de Standardisation, Moskau, Wosdwigenka 5): OCT 980-April 1930, Selbstinduktionsspulen — OCT 1399-Mai 1930, Telephonverstärker.

Energiewirtschaft.

Das ÖKA-Tauernprojekt[1]. — Schon 1924 hat die Württembergische Elektrizitäts-AG. (WEAG), die zwei Jahre früher begonnen hatte, gemeinsam mit den dortigen Interessenten die Finanzierung und technische Leitung der Elektrisierung des Landes Salzburg durchzuführen, Studien über die Verwertung der Tauernwasserkräfte in Angriff genommen und als deren Ergebnis im Herbst 1928 die Pläne für ein Venediger- und Glocknerkraftwerk und die Ausbeutung der Kärtner Gewässer bei den Behörden eingereicht. Wenige Monate später langte bei diesen auch das generelle Projekt der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft[2] ein. Ein daraufhin unternommener Versuch, gemeinschaftlich die Erschließung der Tauernkräfte durch beide Unternehmungen durchzuführen, scheiterte. 1929 vereinigten sich die Elektrizitätswerke Stern & Hafferl AG. mit der Oberösterreichischen Wasserkraft- und Elektrizitäts-AG. (OWEAG) zur Österreichischen Kraftwerke AG. (ÖKA), welche auf Grund eines schon früher zustande gekommenen Vertrags mit der WEAG deren Pläne wieder aufnahm und einer gründlichen Neubearbeitung unterzog.

Wenn man die Lagepläne der AEG- und ÖKA-Projekte miteinander vergleicht, fällt ein grundlegender Unterschied sofort in die Augen. Die AEG erblickt die Rentabilität der Gesamtanlage grundsätzlich im einheitlichen Ausbau großer zusammenhängender Wasserkräfte und vereinigt mittels der viel umstrittenen Hangkanäle das in mehr als 2000 m Höhe eingesammelte Wasser zunächst in einem großen Staubecken am Moserboden, um es von dort in mehreren Stufen nach Norden zum Salzachtal zu abzuarbeiten. Dagegen dezentralisiert die ÖKA die Kraftsammlung und Verwertung, indem sie eine Unterteilung des gesamten Einzugsgebiets vorsieht und mehrere Speicher auf beiden Seiten des Hauptkamms, außerdem auch Laufwerke an den südlichen Talflüssen herstellen will. Durch die Verteilung der Zentralen auf verschiedene Punkte dieses Gebiets sollen die Belieferung der einzelnen Bundesländer erleichtert und tiefgreifende Veränderungen des natürlichen Wasserhaushalts in den Hauptflußgebieten Inn, Salzach und Drau vermieden werden. Mit dieser Anordnung versucht die ÖKA den Einwendungen der Kärntner, Ost- und Westtiroler zu begegnen. Vier Hauptgruppen sind vorgesehen (Abb. 6): das Venediger- und das Glocknerwerk mit dem Salzachwerk im Norden des Tauernkamms, die Hochdruckspeicherwerke Isel-, Möll- und Weißenseewerk und die Niederdrucklaufwerke an der Drau zwischen Villach und Lavamünd im Süden. Die Abarbeitung des Venedigerwerks erfolgt gegen das Zillertal; sein Kernstück ist der große Speicher im Tal der Krimmler Ache, dem die im Oberlauf gefaßten nördlichen Zubringer der Salzach im Pinzgau zugeleitet werden. Ein Stauraum von 132 Mill m³ soll die Unterschiede der Sommer- und Winterergiebigkeit ausgleichen. Ein Druckstollen von 15 km Länge führt das Triebwasser zum Kraftwerk I im bereits Tiroler Gerlostal, wo die Gerlos, gefaßt, durch die obere Salzach verstärkt und mit dem Wasser der Ziller vereint, das Kraftwerk II bei Zell a. Z. speist.

Ein Alternativprojekt sieht die Abarbeitung des in Krimml gespeicherten Wassers vor (Scheffau-Variante). Das Venedigerwerk erfaßt im Süden (Osttirol) 160 km² Einzugsgebiet, dessen Abfluß nach Salzburg und von dort wieder ins Tiroler Zillertal übergeleitet wird. Insgesamt beutet das Venedigerwerk ein Gebiet von 640 km² aus und soll eine Leistung von rd. 240 000 kW ergeben. Die Jahresarbeit von 1100 Mill kWh wird zu rd. einem Drittel vom Kraftwerk I und zu zwei Dritteln vom Kraftwerk II geleistet.

Das zweite große Werk, das Glocknerwerk, liegt an der Nordseite der Tauernkette und bildet ebenfalls die Verbindung eines Speicher- mit einem darunter anschließenden Laufwerk. Zwei Stufen befinden sich ähnlich wie beim AEG-Projekt am Moser- und Orglerboden. Dem Kraftwerk I werden durch ein System von Kanälen und Stollen aus dem Süden die Gewässer der Fuscher, Rauriser und Gasteiner Ache u. a. Quellen zugeführt. Der Inhalt des Staubeckens am Moserboden (2000 m Seehöhe) beträgt rd. 30 Mill m³, der des um 365 m tiefer liegenden am Orglerboden mehr als 150 Mill m³. Ihm fällt die Aufgabe des Hauptausgleichs für die Wasserwirtschaft des Glocknerwerks zu. Dem Kapruner Tal entlang führt ein Druckstollen von 9 km Länge zum 885 m tiefer liegenden Kraftwerk II oberhalb von Bruck-Fusch. Von hier bis nach St. Johann im Pongau kann neuerdings ein Gefälle von 160 m ausgenutzt werden. Das Wasser wird durch einen 29 km langen Stollen geführt. Eine Kombination der Speicherwirkung der Kraftwerke I und II mit dem Stubachwerk der Österreichischen Bundesbahnen ist vorgesehen. Leistung und Jahreserzeugung des Glocknerwerks betragen rd. 250 000 kW bzw. 1150 Mill kWh, übertreffen also noch etwas die des Venedigerwerks. Von den südlich des Hohentauernkamms gelegenen Kraftanlagen liegt das Iselwerk in Osttirol. Am Felbertauern- und am Kalser-Bach sind Jahresspeicher geplant, die durch Stollen mit Kraftwerk I bei Matrei (102 000 kW bzw. 490 Mill kWh) verbunden sind; zwei Wochenspeicher im Virgental haben den Ausgleich der Isel und des Abflusses von Matrei zu besorgen. Kraftwerk II (58 000 kW bzw. 260 Mill kWh), die Laufwerkstufe des Iselwerks, liegt am Ende eines 16 km langen Stollens bei St. Johann im Wald (226 m tiefer). Unter den drei speicherfähigen Hochdruckanlagen auf der Südseite der Tauern ragt das Iselwerk durch eine Ausbauleistung von insgesamt 160 000 kW und rd. 750 Mill kWh Jahresarbeit hervor.

Abb. 6. Der Gesamtplan der Österreichischen Kraftwerke AG. zur Ausnutzung der Tauernabflüsse.

Während das Iselwerk gänzlich in Osttirol liegt, erstreckt sich das Einzugsgebiet des Möllwerks über zwei Bundesländer, Tirol und Kärnten. Die Möll wird bei Heiligenblut zu einem See von 36 Mill m³ aufgestaut, dem auch zur Ergänzung der Fleißbach zugeleitet wird. Ein Druckstollen führt zum 180 m tiefer liegenden Wasserschloß oberhalb Putschall. Die Jahreserzeugung wird mit rd. 80 Mill kWh angegeben. Die erste Stufe des Möllwerks erfährt durch die Möll-Drau-Stufe eine Ergänzung; an einen Wochenspeicher in der Nähe von Winklern schließt ein 6,3 km langer Druckstollen an, der zwischen Dölsach und Nikolsdorf in einem Wasserschloß mündet. Durch ihn wird das Wasser der Möll in die 220 m tiefer fließende Drau geführt.

Ausschließlich in Kärnten liegt das dritte südliche Speicherwerk, das Kreuzeck-Weißenseewerk (45 000 kW, 164 Mill kWh). Eine Anzahl von Bächen wird durch Hangrohrleitungen und Stollen zusammengefaßt und in einem Maschinenhaus bei Lengholz abgearbeitet. Bei Wassermangel will man den in der Nähe liegenden Weißensee zur Ergänzung heranziehen. Aus wasserwirtschaftlichen und andern Gründen hat sich die ÖKA entschlossen, noch eine Laufwerksreihe an der Drau zwischen Villach und Lavamünd den bisher geschilderten Anlagen anzugliedern, für die bereits mehrere ältere Projekte vorliegen. Die

---

[1] Nach einem Sonderheft des Nachrichtenblatts der Oesterreichischen Kraftwerke AG. Linz. Vgl. ETZ 1931, S. 88.

[2] Vgl. ETZ 1929, S. 359, 1215; 1930, S. 185; 1931, S. 669.

Gesamterzeugung dieser Reihe beträgt rd. 1500 Mill kWh, die Ausbauleistung 250 000 kW. Die Werke sollen die Grundlast des Gesamtnetzes übernehmen und für die Speicherwerke den Ausgleich der Sommer- und Winterwässer sowie der Belastungen bei Wassernot ermöglichen.

Die Gesamtleistung der Kraftwerke und Werksgruppen des ÖKA-Projekts beträgt rd. 1 Mill kW, das Jahreserzeugnis 4,886 Mrd kWh. Der elektrische Zusammenschluß ist zwischen Mittersill (Pinzgau) und Spital a. D. (Kärnten) durch eine 110 kV-Leitung, im nordöstlichen Bogen eine 220 kV-Leitung geplant. Die gewaltigen aus den höchsten Gebieten der österreichischen Alpenwelt stammenden Energien sollen nicht nur ihrem Heimatlande dienen, sondern hauptsächlich auch durch die Stromausfuhr nach Mitteldeutschland, der Tschechoslowakei und Ungarn zu einem wichtigen Exportartikel werden. Beide Projekte, das der ÖKA wie der AEG sehen einen allmählichen stufenweisen Ausbau vor; ihre Vollendung würde die Verdopplung der bisher erfolgten Verwertung der bauwürdigen hydroelektrischen Anlagen in Österreich bedeuten. *Hgn.*

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftsstelle, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Verlegung der Geschäftsstelle.

Vom 1. Oktober 1931 ab befindet sich die Geschäftsstelle des Elektrotechnischen Vereins e. V.

in Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 II.

Fernsprecher: C 4 Wilhelm 8885 und 8886.

Elektrotechnischer Verein e. V.
Der Generalsekretär:
Dr. Schmidt.

Einladung

zur Fachsitzung für den Bau und Betrieb von Elektrizitätswerken (EVE) am Dienstag, dem 29. September 1931, 8 Uhr abends im Hörsaal E. B. 301 der Technischen Hochschule zu Charlottenburg.

Tagesordnung:

Vortrag des Herrn Oberingenieur Dr.-Ing. Krohne über das Thema: „Betriebs- und Versuchsergebnisse mit den neuen Niederspannungs-Maschennetzen der Berliner Städtische Elektrizitäts-Werke AG. (Bewag)."

Inhaltsangabe:

1. Bewag-Stromversorgungssysteme.
2. Technische und wirtschaftliche Vorteile von Niederspannungs-Maschennetzen.
3. Technische Ausrüstung der Maschennetze. 3-Spannungsnetzstationen, 2-Spannungsnetzstationen, Sicherungen, Ausbrennverfahren.
4. In Betrieb befindliche Netze.
5. Versuche. Versuchsprogramm, Betriebsnetz- und Modellversuche.
6. Weitere Projekte und Aufgaben.

Gäste willkommen!

Nachsitzung im „Grand Hotel am Knie", Charlottenburg, Bismarckstr. 1.

Fachausschuß für den Bau und Betrieb von Elektrizitätswerken.
Der Vorsitzende:
Dr. Rehmer.

Voranzeige.

Wohltätigkeitsfest der Technik.

Um notleidenden Fachgenossen in tunlichst großem Umfange helfen zu können, veranstalten die technisch-wissenschaftlichen Vereine in Berlin zum Besten ihrer Hilfskassen ein

Wohltätigkeitsfest der Technik,

u. zw. am Sonnabend, dem 7. November 1931, in sämtlichen unteren Sälen des Zoologischen Gartens in Berlin.

Diese Wohltätigkeitsveranstaltung wird im einfachsten Rahmen vor sich gehen und soll nur dazu dienen, die große Not der Zeit lindern zu helfen.

Einzelheiten werden demnächst in der ETZ und durch unmittelbare Einladungen der Mitglieder bekanntgegeben werden.

Elektrotechnischer Verein e. V.
Der Generalsekretär:
Dr. Schmidt.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 7 Pallas 7286.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 218 12.

Gemeinsame Tagung

des „Verbandes Deutscher Elektrotechniker" und der „Vereinigung der Elektrizitätswerke"

anläßlich der XXXV. Jahresversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker und des 50jährigen Bestehens der Elektrotechnischen Gesellschaft zu Frankfurt a. M.

(Schluß von S. 1210.)

Vorsitzender: Für die Universität Frankfurt a. M., für die technischen Hochschulen und für die wissenschaftlichen Institute spricht der Prorektor der Universität Frankfurt, Herr Prof. Dr. Küntzel.

Küntzel, Frankfurt a. M.: Meine Damen und Herren, für den amtierenden Rektor, der zu seinem lebhaften Bedauern persönlich verhindert ist, hier zu erscheinen, ist mir, als seinem Amtsvorgänger, die große Freude und die Ehre zuteil geworden, Sie hier alle herzlich willkommen zu heißen, nicht nur für die Universität Frankfurt, sondern auch für alle deutschen Hochschulen, die wahrscheinlich die größte Veranlassung haben, Ihren Ehrentag in freudigster Teilnahme mit zu begehen. Nicht nur deswegen, weil ja die Universitäten und die technischen Hochschulen irgend ein Gebiet unseres allgemeinen Lebens auch in sich lebendig spüren, so daß unsere Universitäten und technischen Hochschulen es schon verstehen können, wenn ein Mann wie Goethe davon sprechen konnte, daß ihm die Elektrizität recht eigentlich als Weltseele erscheinen möchte, denn letzten Endes, meine Damen und Herren, sind ja die Methoden und die Arbeitsarten, die Sie vertreten und verkörpern und die an den Universitäten und technischen Hochschulen gepflegt werden, im Grunde vollkommen eins. Überall handelt es sich um das gleiche, daß kühne Phantasie am Werke ist; überall muß diese kühn gestaltende Phantasie durch scharfe Selbstdisziplinierung und Kritik des Geistes gebunden werden, und überall ist als Voraussetzung des Gelingens unserer Arbeiten eines erforderlich: die Freiheit Ihrer Bewegung, und diese Freiheit Ihrer Bewegung haben ja gerade die hier zusammengeschlossenen Verbände sich in einem erstaunlichen Umfange zu wahren gewußt. Es gehört schon zu den stolzen Leistungen der Elektrotechnik, daß Sie sich selber die Bestimmungen gegeben haben, unter denen nach außen hin Ihre Arbeit praktisch Verwertung findet. Viribus unitis haben Sie diese stolzen Selbstbestimmungen, unter denen Ihre Arbeit stattfindet, sich und unserem Vaterlande geschaffen.

Sie haben in den Mittelpunkt Ihrer Feier eine historische Erinnerung an das letzte Menschenalter, ihres Geschehens und unseres Erlebens gestellt, und da ich zufällig Historiker bin, meine Damen und Herren, gestatte ich mir, ein Wort persönlicher Genugtuung für die Wahl dieses Themas auszusprechen. Nietzsches unglückliches Wort, daß die Historie die Tatkraft der Menschen lähme,

ist durch Sie abgelehnt und wird hoffentlich auch durch Sie dauernd abgelehnt werden. Und Ihr allverehrter Senior, unsere Exzellenz von Miller, sieht gar nicht so aus, als ob er sich durch den Rückblick auf die letzten 40 oder 50 Jahre in seiner stets bewährten lebendigsten Tatkraft irgendwie hemmen oder lähmen lassen werde. (Heitere Zustimmung.) Freilich, was Sie da geschaffen haben in den letzten 40, 50 Jahren, das ist ja für den historischen Blick etwas ganz Erstaunliches. Wenig, etwas über ein Menschenalter, ist es ja nur, was diese Ihre Elektrotechnik mit der Gegenwart verbindet. Als Exzellenz von Miller geboren wurde — da war er allerdings noch nicht Exzellenz — (Heiterkeit), im Jahre 1855, war es 11 Jahre entfernt von einem großen durchschlagenden Erfolg der Elektrotechnik, der Erfindung Werner von Siemens, der Erfindung des Dynamos. Und wenn Sie heute zurückblicken auf diese Zeit, so ist es — wenn ich als Laie darüber sprechen darf — ganz erstaunlich, mit welcher ungeheuren Schnelligkeit Sie, wie einer der Ihren es einmal genannt hat, das Mittelalter überwunden haben, wie ungeheuer schnell Sie über die Kinderkrankheiten, die keiner großen Entwicklung erspart bleiben, hinweggekommen sind, dank eben der Verbindung der sorgsamsten wissenschaftlichen Vorbereitung, der inneren Kritik und der freien Schöpferkraft, die in Ihren Reihen sich betätigt.

Meine Damen und Herren, unsere technischen Hochschulen und Universitäten sind nicht nur Stätten der Forschung, sondern auch der Lehre. Aber auch auf dem Gebiete der Lehre sind sie vorbildlich vorgegangen. Wenn ich daran denke, was für eine Bedeutung Werner von Siemens Anregung hatte, die Physikalisch-Technische Reichsanstalt ins Leben zu rufen, und wenn ich daran denke, was für eine Bedeutung für die Gegenwart die eben schon erwähnte Gründung des Deutschen Museums unter der Führung und Initiative Herrn von Millers besitzt, so muß ich schon sagen: hier ist pädagogisch Vorbildliches geleistet worden.

Wer durch die heiligen Hallen unseres Deutschen Museums wandelt, wird immer wieder ergriffen werden durch die Dreiheit dessen, was uns aus diesen Hallen entgegenrauscht: das ist einmal die Ehrfurcht vor der Leistung der Toten; zum zweiten die Gewißheit, daß ihre Arbeit rastlos nimmerruhend fortgesetzt wird, und drittens die Überzeugung, daß die freie Schöpferkraft der Menschen ungeahnte Zukunft zu erschließen in der Lage ist. Unter dem Zeichen dieser Dreiheit von Ehrfurcht in und vor der Vergangenheit, der praktischen unaufhörlichen Arbeit und der freien Schöpferkraft haben Sie, meine Herren, gesiegt, unter diesem Zeichen werden Sie auch in Zukunft siegen und unter diesem Zeichen wird nach wie vor das Wahrheit bleiben, was einer der Ihrigen, Herr Prof. Slaby, einmal gesagt hat: daß die Würde und Wahrung der deutschen Elektrotechnik in den Händen eben Ihrer selber ruhen.

Der Dank für diese Gewißheit, daß Sie diese Würde und die Ehre der deutschen Elektrotechnik, wie Sie bisher der deutschen Elektrotechnik eine führende Stellung in dem internationalen Wettbewerb geschaffen haben, auch in den kommenden Zeiten erhalten werden, das möge der herzliche Willkommensgruß sein, den die Universitäten und technischen Hochschulen Ihnen, meine Herren, zurufen. (Beifall.)

Vorsitzender: Herr Staatsminister a. D. Dr. Wendorff spricht für die berufsverwandten Vereine und Verbände.

Wendorff, Berlin: Wenn ich mir erlaube, für einige Augenblicke Ihre Aufmerksamkeit auch meinerseits in Anspruch zu nehmen, so bitte ich von vornherein um Nachsicht, wenn ich manches wieder sagen muß und werde, was Sie eben aus berufenerem Munde bereits gehört haben.

Aber ich möchte mir doch nicht versagen, meiner Freude darüber Ausdruck zu geben, daß ich die Ehre habe, diese Versammlung namens der berufsverwandten inländischen Vereine und Verbände und zugleich im Auftrag des Deutschen und Preußischen Städtetages begrüßen zu dürfen.

In ernster Zeit, meine Damen und Herren, sind Sie, sind wir alle hier in der ehrwürdigen Stadt Frankfurt a. M. versammelt. Die schwere Not unserer Tage gibt Ihren Beratungen besondere Bedeutung, Inhalt und Gewicht; sie ist doch auch an der deutschen Elektrizitätswirtschaft nicht spurlos vorübergegangen. Nach Jahren beispiellosen Aufschwunges ist ein empfindlicher Rückgang in der Erzeugung und im Verbrauch elektrischer Arbeit eingetreten und der Tiefstand dürfte schwerlich erreicht sein. Da gilt es für die berufenen Vertreter, wie bisher, alle Kräfte der Wirtschaft, Technik und Wissenschaft einzusetzen, um durch Verbreiterung des Verwendungsgebietes, durch Gewinnung neuer Verbraucherschichten und -arten, durch wirtschaftliche Gemeinschaftsarbeit und wissenschaftliches Forschen einem weiteren Absinken entgegenzuarbeiten und die Wege zu neuem Aufstieg zu öffnen. Daß hierfür nahezu unbegrenzte Möglichkeiten gegeben sind, bedarf vor dieser Versammlung Sachverständiger keines Beweises. Der Verlauf und die Beratungsgegenstände der gemeinsamen Tagungen und zahlreichen Fachsitzungen legen dafür beredtes Zeugnis ab, und der Tagungsort Frankfurt ist ein geradezu klassischer Boden für die Entwicklung der Elektrizität in Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft, wurde doch hier schon vor nunmehr 40 Jahren die erste erfolgreiche Kraftübertragung über große Entfernungen der staunenden Welt vor Augen geführt. Und daß dieser gewaltige Fortschritt nicht etwa nur geschichtliche Vergangenheit, sondern als wichtigster Anfang mit der Gegenwart und Zukunft der elektrizitätswirtschaftlichen Entwicklung lebendig verbunden ist, dafür zeugt das persönliche Erscheinen und die führende Mitarbeit Ihres hochverehrten Altmeisters, Exzellenz Dr. von Miller, des Schöpfers jener ersten Großkraftübertragung.

Auch wir begrüßen ihn mit herzlichem Dank und mit besonderer Freude und haben den aufrichtigen Wunsch, daß seine kraftvolle Führung und der unerschöpfliche Quell seines Wissens und seiner Erfahrung uns noch lange erhalten bleiben mögen. Ihm folgend, wird es um die Entwicklung und Zukunft der Elektrizität, deren Bedeutung Frankfurts größter unsterblicher Sohn, wie soeben auch mein Herr Vorredner bereits ausgeführt hat, einst vorahnend erkannt hat, gut bestellt sein und bleiben.

Wir aber wollen die diesjährige Tagung zum Anlaß nehmen, uns erneut zu gemeinsamer Arbeit zum Besten unseres deutschen Vaterlandes zu bekennen, entschlossen im Sinne Goethes: „Allen Gewalten zum Trotz uns erhalten!" (Lebhafter Beifall.)

Vorsitzender: Auch die befreundeten Vereine und Verbände des Auslandes sind unserer Versammlung nicht ferngeblieben. Ich erteile nunmehr das Wort dem Abgesandten Österreichs, Herrn Ministerialrat Dr. Hruschka.

Hruschka, Wien: Meine hochverehrten Damen und Herren! Der Gedankenaustausch, den der Verband Deutscher Elektrotechniker nach alter Sitte alljährlich, oder wie es jetzt ist, alle zwei Jahre pflegt, ist, glaube ich, für alle Fachleute deutscher Zunge, in welchem Lande sie auch arbeiten mögen, eine hoch bedeutsame Gelegenheit, um auf die Aussprache und Vorträge, in denen der letzte Stand unserer Wissenschaft zusammenfassend behandelt wird, hinzuhören. Eine erhöhte Bedeutung gewinnt diese Tagung auch dadurch, daß durch die Auswahl der Beratungsgegenstände gerade jene Fragen hervorgehoben werden, die strittig oder in voller Entwicklung sind, so daß die Behandlung dieser Fragen schon einen Fingerzeig über die zu erhoffende und erwünschte Weiterentwicklung gibt.

In diesem Sinne, meine Damen und Herren, hat die Technikerschaft und Elektrotechnikerschaft Österreichs seit Anfang an den Ausführungen, der Arbeit Ihrer Jahresversammlungen stets größtes Interesse entgegengebracht.

Es gereicht mir daher zur besonderen Ehre, wenn ich als Vizepräsident des Wiener Elektrotechnischen Vereins im Namen der Elektrotechniker Österreichs und im besonderen des Wiener Elektrotechnischen Vereins unsere herzlichsten Grüße Ihrer Jahresversammlung hiermit überbringen darf.

Meine sehr geehrten Damen und Herren! Ich brauche nur einige Worte hinzuzufügen, um alle jene vielfachen Bindungen darzulegen, die zwischen der Elektrotechnikerschaft Deutschlands und Österreichs seit jeher bestehen. Zunächst in fachlich-wissenschaftlicher Hinsicht ist es bekannt, daß jene umfangreichen und an Gründlichkeit wohl nicht zu übertreffenden Vorschriften und Normen, die der Verband Deutscher Elektrotechniker herausgibt, seit langer Zeit in Österreich volle Geltung haben. Wenn wir in Österreich durch die Verhältnisse gezwungen sind, im Wege von Gesetzen und Verordnungen eigene Vorschriften zu erlassen, so liegt das eben, abgesehen von der Bindung an geschichtliche Entwicklung, in äußeren naheliegenden Gründen. Inhaltlich aber, meine sehr geehrten Herren, sind unsere Vorschriften, wenigstens was den Bau elektrischer Anlagen betrifft, zum weitaus größten Teil übereinstimmend mit den Ihrigen. Und wenn ich hinzufügen darf, daß jede größere Vergebung in Österreich, insbesondere eine solche der öffentlichen Hand, nicht nur die österreichischen Vorschriften, sondern vollinhaltlich diejenigen Ihres Verbandes zugrunde legt, so habe ich damit den Parallellauf und die innige Verbundenheit unserer beiderseitigen Arbeiten gekennzeichnet.

Aber darüber hinaus, meine sehr verehrten Anwesenden, ist diese Verbindung zwischen den beiden Ländern

wohl in sehr praktischer Weise gerade an jenem Gegenstand ersichtlich, der unserer heurigen Jahresversammlung den Stempel aufgedrückt hat, nämlich der elektrischen Arbeitsübertragung. Das gebirgige und wasserreiche Österreich mußte frühzeitig daran denken, seinen Reichtum an Wasserkräften, wenn es ihn voll ausnutzen will, durch die Ausfuhr elektrischer Arbeit zu verwerten. Sie wissen, meine Verehrten, daß ganz im Westen Österreichs die Energien, die aus den eisigen Abhängen der Silvrettagruppe herunterkommen, ihren Weg direkt in das Stromnetz des RWE finden. Sie wissen ferner, daß das Achenseewerk den größten Teil seiner Produktion an Deutschland abgibt, und Sie wissen aus den Veröffentlichungen gerade in der letzten Zeit, insbesondere auch jener Ihres verehrten Vorsitzenden, Herrn Professor Petersen, daß das größte Wasserkraftprojekt der Erde überhaupt, das österreichische Tauern-Werk, wirtschaftlich wohl nur aus dem Gedanken heraus geboren werden konnte, den größten Teil seiner Energie nach Deutschland zu übertragen.

Ich habe, meine Herrschaften, auf alle diese wissenschaftlichen und praktischen Zusammenhänge in Kiel, wo ich die Ehre hatte, in Ihrer Versammlung zu sprechen, hingewiesen. Ich darf vielleicht ein Wort abwandeln, das ich damals unter dem Beifall der Zuhörer gewagt habe, indem ich sage: die Elektrotechnik Österreichs hat und fühlt sich an diejenige Deutschlands heute schon voll angeschlossen. (Lebhafte „Bravo"-Rufe.) Was liegt nun näher, wenn nach den fachlichen Zusammenhängen zwischen Mensch und Maschine auch die Menschen einander näher treten und die Elektrotechnik Ihres und unseres Vaterlandes ihre Zugehörigkeit nach außen hin in die Erscheinung treten lassen. Ich habe schon in Kiel der Hoffnung Ausdruck gegeben, daß Österreich die Ehre haben wird, den Verband auf seinem Boden einmal begrüßen zu dürfen. Unterdessen kam hinzu, daß der Wiener Elektrotechnische Verein und seine Zeitschrift „Elektrotechnik und Maschinenbau" im Frühsommer des Jahres 1933 die Feier seines 50jährigen Bestehens begehen werden. Unser Verein hat schon vor längerer Zeit den Verband Deutscher Elektrotechniker eingeladen, seine nächste Versammlung mit dieser Feier in Wien zu verbinden, wie es ja in ähnlicher Weise, wenn auch aus anderen Anlässen, der Verein deutscher Ingenieure und die Vereinigung der Elektrizitätswerke schon getan haben. Unserer Anregung zu dieser Einladung ist der Herr Oberbürgermeister Seitz der Stadt Wien mit großer Freude nachgekommen, indem er eine ähnliche Einladung von seiten der Stadt Wien an den Verband Deutscher Elektrotechniker ergehen ließ. Herr Vizebürgermeister Emmerling ist nur durch dringende Geschäfte in letzter Stunde davon abgehalten worden, Ihnen diese Einladung, wie er wollte, hier persönlich zu übermitteln. Ich bitte also im Namen der Elektrotechniker Österreichs, insbesondere des Wiener Elektrotechnischen Vereins, und in Anbetracht der Kürze der Zeit, auch im Namen der beiden hier anwesenden Vertreter der Stadt Wien: der Verband Deutscher Elektrotechniker möge sich entschließen, unserer Einladung im Sommer des Jahres 1933 nachzukommen. (Lebhafter Beifall.)

Nach der bisherigen Stellungnahme, die unsere Einladung, wie ich höre, gestern in Ihrem Vorstand und in Ihrer Ausschußsitzung erfahren hat, darf ich mich der Erwartung hingeben, daß, wenn die sonstige allgemeine Lage es gestattet, unsere Einladung von Ihrer Ausschußsitzung im nächsten Jahre in München angenommen werden wird. Seien Sie versichert, meine hochverehrten Damen und Herren, daß Sie uns Österreichern keine größere Freude machen können, als daß Sie dieser Einladung Folge leisten, und seien Sie versichert, daß Sie auf das herzlichste willkommen geheißen werden. Wir werden nichts verabsäumen, damit Sie in keiner Stunde Ihrer Reise und Ihres Aufenthalts in Wien den Eindruck haben, als seien Sie im Auslande. (Starker Beifall.) In diesem Sinne begrüße ich Sie und wünsche Ihren Beratungen vollen Erfolg! (Erneuter lebhafter Beifall.)

Vorsitzender: Für die Elektrotechnik von Dänemark, Holland, Norwegen, Schweden und der Schweiz spricht Herr Dr. Sulzberger, der Abgesandte der Schweiz.

Sulzberger, Zürich: Meine sehr verehrten Damen und Herren! Es ist mir die Ehre zuteil geworden, als Vorstandsmitglied des SEV dem Verbande Deutscher Elektrotechniker und der Vereinigung der Elektrizitätswerke vom Schweizer Elektrotechnischen Verein sowie von den Schweizer Elektrizitätswerken, die hier durch Herrn Direktor Kaiser vertreten sind, unsere herzlichsten Grüße zu übermitteln und für die freundliche Einladung zu Ihrer Jahresversammlung den verbindlichsten Dank zum Ausdruck zu bringen. Ferner bin ich gebeten worden, das auch für die hier anwesenden Vertreter der befreundeten Verbände in Dänemark, Holland, Norwegen und Schweden zu tun.

Meine Damen und Herren! Sie feiern heute zugleich mit Ihrer Jahresversammlung den 40. Jahrestag der Internationalen Elektrizitätsausstellung in Frankfurt a. M., die für die Entwicklung der Elektrotechnik zum markanten Wendepunkt wurde und die ich persönlich miterlebt habe, indem es mir vergönnt war, während einiger Wochen in der Prüfungskommission mitzuwirken. Sie werden mir daher erlauben, einige Betrachtungen daran zu knüpfen. Wir Schweizer nehmen gern Veranlassung, auch dieses Jubiläum mitzufeiern, wurde doch die Ausstellung von der damals noch jungen schweizerischen elektrotechnischen Industrie mit beschickt, und ich darf auch daran erinnern, welch wesentlichen Anteil die Maschinenindustrie Örlikon an dem Hauptausstellungsobjekt, nämlich der Kraftübertragung nach Frankfurt, genommen hat, die sie auf Anregung von Exzellenz von Miller zusammen mit der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft Berlin erstellte und die, wie Sie alle wissen, von epochemachender Bedeutung geworden ist. Wer die anläßlich des 50. Gedenktages von Herrn Prof. Ruppel verfaßte Zusammenstellung der damaligen diesbezüglichen Literatur durchblättert, wird wohl feststellen können, welche großen Schwierigkeiten und Widerstände sich der Ausführung dieser Kraftübertragung anfänglich von seiten der Fachleute und Behörden entgegengestellt haben. Es darf wohl auch daran erinnert werden, daß die Vorversuche, die im Januar 1891 von Charles Braun in Örlikon in einer Versuchsanlage von 30 000 V Abgeordneten des Reichspostamtes, der Staatsbahnen und Mitgliedern des Staatsministeriums vorgeführt worden sind, von ausschlaggebender Bedeutung waren, um bei diesen maßgebenden Stellen die Bedenken zu zerstreuen und die Einwilligung für die Ausführung eines Versuchs in großem Maßstabe, eben diese Kraftübertragung Lauffen—Frankfurt zu erhalten. Unsere eigene technische Hochschule war in erheblichem Maße an dieser Kraftübertragung beteiligt, indem sie an den Messungen regen Anteil nahm, und Herr Prof. H. F. Weber, der damals Lehrer der Elektrotechnik an dieser Anstalt war, hatte einen ausführlichen Bericht über diese Kraftübertragung verfaßt.

Meine Damen und Herren, wenn man heute durch deutsche Lande fährt und überall die mächtige Lauffronten aufweisenden Leitungen erblickt und sich der wirtschaftlichen Bedeutung dieser Anlagen klar wird, so tritt offen zutage, daß der Samen, der damals in Deutschland von der elektrischen Ausstellung von Frankfurt gesät wurde, die reichsten Früchte getragen hat. Die hier anwesenden Vertreter der ausländischen Verbände werden sicherlich mit mir einig gehen, wenn ich auch in ihrem Namen den Verband Deutscher Elektrotechniker und die Vereinigung der Elektrizitätswerke, die ja vor allem die Repräsentanten der deutschen Elektrotechnik darstellen, zu ihren großen Erfolgen, die sie in unermüdlicher Arbeit im Laufe der Jahre errungen haben, auf das herzlichste beglückwünsche.

Ich schließe mit dem Wunsche, Ihre diesjährige Tagung möge einen recht gelungenen Verlauf nehmen und die beiden genannten Verbände mögen auch fernerhin blühen und gedeihen in erfolgreicher Förderung der Elektrotechnik. (Lebhafter Beifall.)

Vorsitzender: Meine sehr geehrten Damen und Herren! Worte des Dankes sind es, die ich an die Herren Vorredner für die Anerkennung, die sie uns gezollt haben, zu richten habe. Seien Sie, meine Herren, des aufrichtigsten Dankes der Vereinigung der Elektrizitätswerke und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker versichert. Jedes Wort mehr aus meinem Munde würde den schönen Eindruck dessen, was wir gehört haben, abschwächen.

Nur an einem darf ich nicht vorübergehen, nämlich an der Einladung von Herrn Ministerialrat Dr. Hruschka. Ich sage im Namen des Verbandes Deutscher Elektrotechniker für diese Einladung nach Wien herzlichen Dank. Ich hatte schon Gelegenheit, die Ansicht des Vorstandes und des Ausschusses mitzuteilen. Herr Ministerialrat, Sie haben selber das Echo hier aus der Versammlung gehört. Ich hoffe, Sie werden dementsprechend in Wien berichten. Nochmals herzlichsten Dank!

Ich erteile nunmehr Sr. Exzellenz, Herrn Geheimrat Dr. von Miller zu seinem Vortrage: „Die geschichtliche Entwicklung der elektrischen Kraftübertragung auf weite Entfernung" das Wort.

(Der Vortrag, welcher mit stürmischem, lang anhaltendem Beifall aufgenommen wurde, wird in einem der nächsten Hefte veröffentlicht werden.)

Vorsitzender: Meine Damen und Herren, der Altmeister der Elektrotechnik hat gesprochen. (Exzellenz von Miller: „Viel zu lange!" — heiterer Widerspruch.)

Der stürmische Beifall, der Ihnen entgegengeklungen ist, Herr von Miller, ist der Dank für all das, was Sie uns an Schönem heute morgen geschenkt haben. Wenn wir Ihnen an dieser bedeutsamen Stelle versprechen, daß wir alles daran setzen wollen, um den Geist des deutschen Ingenieurs, den Sie Ihr ganzes Leben hingebend verkörpert haben, lebendig zu erhalten, den Geist, der eine Sache um ihrer selber willen tut, dann ist das vielleicht ein kleiner Teil des Dankes, den wir Ihnen schulden. (Lebhafte Zustimmung.)

(Nach einer kurzen geschäftlichen Mitteilung des Generalsekretärs Schirp schließt der Vorsitzende, Prof. Dr. Petersen, die Versammlung um 13.25 Uhr.)

II. Gemeinsame Tagung

am Dienstag, dem 23. Juni 1931, im Saalbau zu Frankfurt a. M., vormittags 10 Uhr.

Den Vorsitz führt Herr Direktor Dr. h. c. Jahncke, Berlin, später Herr Prof. Dr. Petersen, Berlin.

Vorsitzender: Meine Damen und Herren! Ich eröffne die zweite Sitzung unserer Tagung. Ehe wir in die Tagesordnung eintreten, bin ich gebeten worden, mitzuteilen, daß im nächsten Jahre in Essen an der Ruhr eine Elektrowerbeausstellung stattfinden wird. Es ist zu diesem Zweck ein Elektro-Werbeausstellungsverein vom Zentralverband und der Vereinigung der Elektrizitätswerke gegründet worden. Diese Ausstellung wird alle Fächer des Elektrowesens, der Industrie, Haus- und Landwirtschaft umfassen. Der genaue Zeitpunkt der Ausstellung steht noch nicht fest, wahrscheinlich wird sie vom Juni bis September stattfinden.

Nunmehr treten wir in die Tagesordnung ein. Ich darf Herrn Professor Matthias bitten, das Wort zu seinem Vortrage „Die heutigen Probleme der Hochspannungskraftübertragung" zu nehmen.

(Der Vortrag, welcher mit lebhaftem Beifall aufgenommen wurde, wird in einem der nächsten Hefte veröffentlicht werden.)

Vorsitzender: Herr Professor Matthias hat uns in einer ausgezeichneten und vollständig erschöpfenden Weise das Krisengebiet der elektrischen Kraftübertragung vor Augen geführt. Kollegen, die in der elektrischen Kraftübertragung zu arbeiten haben, werden an diesen Vortrag recht viel Studium wenden müssen.

Wir haben alle Ursache, Herrn Professor Matthias für die außerordentlich wertvolle Arbeit, die er uns geschenkt hat, unseren herzlichsten Dank, der in dem starken Beifall der Versammlung auch bereits seinen Ausdruck gefunden hat, auszusprechen.

Ich darf nunmehr Herrn Professor Haas bitten, das Wort zu seinem Vortrage „Die Auswirkung der Lauffener Kraftübertragung auf die Elektrizitätswirtschaft", zu nehmen[1].

Vorsitzender: Sehr geehrte Damen und Herren! Herr Professor Dr. Haas war, glaube ich, der erste, der in der Fachliteratur der Ingenieure darauf aufmerksam machte, wie notwendig es ist, daß wir uns mehr mit der wirtschaftlichen Seite unseres Berufes beschäftigen, als es bis dahin der Fall war. Wer sich noch erinnert, wie nebensächlich bei den Hochschulen noch am Ende des vorigen Jahrhunderts die Wirtschaft behandelt wurde, der wird sich darüber nicht wundern. Herr Professor Haas hat uns auch heute wieder eine Fülle von Anregungen gegeben.

Wir sind ihm herzlich dankbar dafür und ich darf Ihnen, Herr Professor, diesen Dank der Versammlung nochmals zum Ausdruck bringen. (Lebhafte Zustimmung.)

Besprechung der Vorträge.

(Professor Dr. Petersen übernimmt den Vorsitz.)

Vorsitzender: Ich eröffne jetzt die Aussprache über die beiden Vorträge der Herren Matthias und Haas und erteile als erstem Redner Herrn Dr. JAHNCKE das Wort.

Jahncke, Berlin: Herr Professor MATTHIAS hat in allen Teilen seines Vortrages auf die Wichtigkeit der Isolation hingewiesen, aber auch auf ihre Unvollkommenheit. Die heutigen Isolationsmittel haben doch wohl in der Hauptsache den Nachteil, daß sie erstens sehr viel Raum einnehmen und dadurch auch sehr viel Konstruktionsmaterial verbrauchen, an Maschinen, Transformatoren usw., vor allem aber, daß sie eigentlich, im maschinentechnischen Sinne gesehen, kein rechtes konstruktives Material sind.

Ich glaube, ein Isolationsmittel, welches, soviel ich weiß, schon in einem Vortrage berührt worden ist, aber in der Literatur noch nicht zu finden war, ist das Aluminiumoxyd. Ich wollte Ihnen nur die Mitteilung machen, daß seit einigen Wochen ein mit Aluminiumoxyd isolierter Transformator — das heißt, der Transformator ist mit Aluminium gewickelt und die einzelnen Wicklungen sind durch Aluminiumoxyd voneinander getrennt und isoliert — und zwar in unserem Lauchawerk ausprobiert wird. Der Transformator ist von den Siemens-Schuckertwerken natürlich beim ersten Versuch nicht groß gebaut worden, 10 kVA, hat eine Spannung von 5000 V Oberspannung und 220 V Unterspannung und hat sich in den wenigen Wochen, in denen er in Betrieb ist, eigentlich über Erwarten gut bewährt. Daß das Aluminiumoxyd wenig Platz wegnimmt und daß infolgedessen die Konstruktionsgröße des Apparates nicht unnötig vergrößert ist, ist ja klar. Daß es ein konstruktives Material ist, ist auch ziemlich einleuchtend. Dieser Transformator hat dann aber auch weiter noch den Vorteil, daß er nicht feuergefährlich oder sehr wenig feuergefährlich ist, worunter ja die meisten Isolationen leiden. Der Transformator ist von dem Siemens-Schuckertwerk unter Beteiligung der Vereinigten Aluminium-Werke, der Elektrowerke und Professor BRAUN in Braunschweig gebaut.

Ich kann über die Versuche, die bisher mit ihm angestellt worden sind, nur folgende Mitteilung machen: Der Transformator war bis 200 ° Erwärmung der Isolation überlastet worden, was der Isolation nichts geschadet hat. Gegenwärtig befindet sich der Transformator in der Werkstatt, lediglich, um ihn auseinanderzunehmen und um zu sehen, wie er die Strapazen dieser mehrwöchigen hohen Belastung ausgehalten hat. Er wird später wieder zusammengestellt und in der Literatur wird Ihnen sicherlich über das Ergebnis Mitteilung gemacht werden.

Wir haben also jetzt die Hoffnung, ein besseres Material zu finden. (Bravo.)

Vorsitzender: Das Wort erhält Herr Direktor Prof. RACHEL.

Rachel, Berlin: Meine sehr geehrten Damen und Herren! Die Frankfurter Tagung hat ihr besonderes Gepräge durch den Rückblick auf die Kraftübertragung bekommen. Dieser ist besonders reizvoll für die jüngere Generation, die den Anfang und die erste Entwicklung der Elektrizitätsversorgung nicht miterlebt hat. Zu dieser Generation muß ich mich ja zählen.

Die Vorträge legen uns nun brennend die Frage nahe: Wie sieht die Zukunft aus? Denn wir haben alle etwas Sorge im Herzen. Ist es nur die Krisis, was wir sehen, oder sind es Erscheinungen der beginnenden Sättigung im Absatz elektrischer Energie und Fabrikate?

Wenn man hierzu nun den Stromabsatz betrachtet und dabei von der Gebietsversorgung ausgeht, so ist ja klar, daß unversorgte Gebiete in Deutschland in praktisch nennenswertem Umfange nicht mehr vorhanden sind. Also diese in der Vergangenheit fruchtbare Absatzquelle ist für die Zukunft natürlich verschlossen.

Was die Lichtversorgung anbelangt, so ist der Prozeß der Umstellung von Gaslicht auf elektrische Beleuchtung offensichtlich sehr weit vorgeschritten; der steigende Lichtbedarf ist letzten Endes ein Ausfluß des Wohlstandes, ist also schwer zu übersehen.

Wichtiger scheint mir, weil das eine beachtliche Belastungsveränderung bei den Elektrizitätswerken hervorrufen könnte, ob die Lichttechnik etwa Wege gehen wird, bei welchen sie mit einem Bruchteil des heutigen Stromverbrauches je Kerze auskäme. Die Folge würde sein, daß einerseits mit der Zeit ganz erhebliche Lichtspitzenleistungen bei den Elektrizitätswerken frei würden, was natürlich eine günstige Beeinflussung des Kapitalaufwandes der Elektrizitätswerke, zugleich aber einen Rückgang an Maschinenbedarf zur Folge hätte, und daß anderseits der Absatz und damit die Einnahmen für Lichtstrom bei den Werken zurückgehen würden.

Was den Kraftstrom anbelangt, so ist eine Synthese der Industrie für die Zukunft bei der Vielseitigkeit der Anwendung der Elektrizität in der Industrie außerordentlich schwer.

Eins ist klar: Unelektrifizierte Industrien gibt es kaum noch in nennenswertem Umfange, und auch der Kreis der von den öffentlichen Elektrizitätswerken noch nicht versorgten, aber anschlußfähigen Industrien wird in Zukunft schmäler werden im Verhältnis zur industriellen Anschlußbewegung in den Nachkriegsjahren, die infolge der Verbilligung der Elektrizität und den Rationalisierungs-

[1] Die Veröffentlichung dieses Vortrages ist in der ETZ 1931, S. 788, erfolgt.

bestrebungen der Industrie vergleichsweise außerordentlich stark gewesen ist.

Trotzdem bin ich der Meinung, daß man der weiteren Elektrifizierung der Industrie, auf lange Sicht gesehen, eine günstige Prognose stellen kann, u. zw. auf Grund der Erfahrung, die gezeigt hat, daß die Anwendung der Elektrizität in Dinge und in Möglichkeiten eingedrungen ist, die man vorher nicht für möglich gehalten hat. Ich glaube, daß gerade in der Elektrotechnik neue technische Erfindungen, z. B. auf dem Gebiet der Elektronik, Möglichkeiten schaffen werden, von denen wir uns heute noch nicht viel träumen lassen.

Darüber hinaus gibt es aber bei der Kraftversorgung noch ein Gebiet, das durchaus noch jungfräulich ist, das ist die Bahnelektrifizierung und die Bahnstromversorgung. Wenn man von dem Verhältnis der Länge der elektrifizierten Bahnlinien zu der der Gesamtlinien ausgeht, so soll, wie mir gesagt wird, Deutschland auf diesem Gebiete bereits heute weit zurückstehen gegen Frankreich, Schweiz, Italien und sogar gegen Österreich. Ich glaube daher, daß dies ein Gebiet ist, auf dem, auf lange Frist betrachtet — wir schauen ja heute auf eine Zeit von 40 Jahren zurück, müssen also auch auf längeren Zeitabschnitt in die Zukunft sehen —, sich Deutschland unbedingt betätigen muß.

Es ist dabei vielleicht interessant zu erwähnen, daß gerade jetzt der Bericht über die außerordentlich großzügigen Elektrifizierungspläne der Bahnen aus England vorliegt. Die Begründung der Verfasser dieses Berichtes für die Elektrifizierung ist neben der Verbesserung des Verkehrs, die besonders der Wettbewerb des Kraftwagens nahelegt, die Arbeitsbeschaffung, also etwas, was uns doch auch sehr beeindrucken sollte. Vielleicht sind auch hier die technischen Neuerungen auf dem Gebiet der Elektronik dasjenige, was die ganze Sache fördern könnte.

Nun haben wir noch an ein weiteres Gebiet zu denken, an das der Elektrowärme. Erst durch die Verkupplung der Kraftwerke und durch die Umlegung der Elektrizitätserzeugung auf die jeweils günstigsten Energiequellen ist man auf die jetzigen niedrigen Stromgestehungskosten gekommen. Diese ergeben nun heute im allgemeinen Strompreise, die auch Elektrowärmeabsatz gestatten, so daß sich von selbst ergibt, daß das Kochen und Heizen eines der großen Gebiete sein wird, mit dem die Elektrotechnik sich in der Zukunft in erhöhtem Maße beschäftigen wird.

Was nun den Betrieb und die Wirtschaftsführung der Elektrizitätsversorgung betrifft, so sind ja die Pläne einer mitteleuropäischen Stromversorgung in den Hauptvorträgen schon erwähnt worden. Diese Pläne beruhen natürlich auf weiterer Stromabsatzsteigerung und, wie die Stromabsatzfrage jetzt liegt, wird wohl ein etwas langsameres Zeitmaß in der Durchführung dieser Pläne Platz greifen, als wir alle vor zwei Jahren gehofft haben. Aber die Durchführung selbst wird meiner Überzeugung nach einmal kommen müssen.

Nun gibt es ein Gebiet, welches für diese Pläne vorbereitender Natur und außerordentlich wichtig ist, das ist die Umlegung des bestehenden Verbrauchs auf die günstigsten Erzeugungsquellen. Dieser Prozeß ist in Deutschland weit fortgeschritten, aber wohl durchaus noch nicht beendet. Wenn man dabei bedenkt, daß die nächste Zukunft durch eine Kapitalseinengung und vermutlich auch noch länger durch höheren Zinsfuß gekennzeichnet ist, so wird die Weiterentwicklung wohl in der Richtung liegen, daß der Wasserkraftausbau langsamer vor sich gehen, dagegen die Umlegung der Krafterzeugung auf den Braunkohlenstrom infolge der offensichtlichen Fortschritte der Braunkohlenförder- und -feuerungstechnik vor sich gehen wird.

Der Zusammenschluß der Kraftwerke hat nun auch eine Zusammenfassung von Netzen hervorgerufen. Die so entstandenen Netzgebilde sind, das wird jeder bestätigen, der großen Netzen vorsteht, bisher nicht so organisch, wie an sich erwünscht und nötig. Ich meine damit nicht die neuen Oberspannungsnetze, sondern die Mittelspannungs- und besonders die Verteilungsnetze. Gerade in einer Zeit, in der uns der zunehmende Absatz noch fehlen wird, wird es richtig sein, hier durch Vermaschung, geschaltete Punkte, Erdschlußlöschung, Selektivschutz und Lastverteileranlagen verbessernd einzugreifen.

Damit hängt noch das Problem der Umspannung zusammen. Durch den Gang der historischen Entwicklung ist es so, daß wir heute im allgemeinen mehr Umspannungen im Wege der Kraftübertragung haben, als wenn wir die ganze Sache heute neu aufbauen würden. Dieser Zustand wird auf die Dauer nicht bleiben können, und es ist eine der naheliegenden Zukunftsaufgaben, die Zahl der Umspannungen zu verringern, u. zw. von der Plattform von 100 kV gesehen, von 3 ... 4 Umspannungen heute auf 2 in dicht besiedelten Gegenden mit geringeren Übertragungsentfernungen und 3 Umspannungen bei Überlandzentralen, also größeren Entfernungen. Daß diese Arbeiten mit Netzfigurationen Hand in Hand gehen, ist selbstverständlich.

Als Letztes sei noch ein Gebiet erwähnt, das nach meinem Eindruck durch die überrasche Entwicklung der Nachkriegzeit teilweise noch im Rückstand geblieben ist, das sind die Niederspannungsortsnetze. Ich glaube, daß auch hier in der nächsten Zeit als vorbereitende Maßnahmen für weitere Zusammenschlüsse und weiteren Stromabsatz eine Verbesserung in der Richtung der Vereinheitlichung von Stromart und Spannung, der Verbilligung durch Vermaschung und damit Hand in Hand gehend der Erhöhung des Schutzes Platz greifen muß.

Meine Damen und Herren! Wenn man nun also die Zukunftsaussichten der Elektrotechnik als Ganzes übersieht, so sind es außer der weiteren Ausbreitung der Anwendung der Elektrizität in Industrie und Haushalt und dem weiteren Ausbau der Werke hauptsächlich die Gebiete der Bahnelektrisierung und Bahnstromlieferung sowie der Elektrowärme, die bisher weniger bearbeitet sind und wo uns vor allem neue technische Ideen, z. B. die der Elektronik, helfen können, über die vielleicht berufenere Herren sprechen werden.

Vorsitzender: Das Wort hat Herr Professor Dr. RÜDENBERG.

Rüdenberg, Berlin: Ich möchte nur zu einem einzigen Punkt der weitreichenden Ausführungen von Herrn Prof. MATTHIAS sprechen, der sich wie ein roter Faden durch die geschichtliche und die heutige Diskussion der elektrischen Kraftübertragung zieht, und der schon gestern von Exzellenz von Miller in so anschaulicher Weise geschildert wurde, nämlich zu dem Kampf zwischen Gleichstrom und Wechselstrom. Es ist jedoch ratsam, daß wir uns hier auf diejenigen Gesichtspunkte beschränken, die spezifisch für die Übertragung sehr großer Leistungen auf weite Entfernungen sind.

Zugunsten des Gleichstroms wird im allgemeinen angeführt, daß er es erlaubt, die Freileitungen und vielleicht sogar Fernleitungskabel mit wesentlich höheren Spannungen zu belegen als bei Wechselstrom, denn für die Spannungsbegrenzung ist die Maximalspannung, für die übertragene Leistung aber der Effektivwert maßgebend, der bei Wechselstrom nur gut 70% des Maximalwertes beträgt. Man kann daher einer gegebenen Leitung bei Gleichstromübertragung mehr Leistung zuführen und dadurch bei gleichen Kosten der Leitungsanlage, die den kostspieligsten Teil der ganzen Anlage darstellt, mehr Energie übertragen.

Beim Wechselstrom wird weiterhin als Nachteil angegeben, daß die Fernleitung wegen ihrer Kapazität und Selbstinduktion und der parasitären Wirkung dieser Eigenschaften eine Blindstromkompensierung benötigt, und daß hierfür einerseits zusätzlicher Geldaufwand, anderseits Reguliermechanismen notwendig sind, die von Hand oder automatisch bedient werden müssen.

Während diese beiden Unterschiede die reine Fernleitungsanlage selbst betreffen und zugunsten des Gleichstromes zu sprechen scheinen, ist als dritter Gesichtspunkt zu erwähnen, daß die Gleichstromübertragung bei den hohen Spannungen, die sie notwendigerweise besitzen muß, Mittel zur Erzeugung und zum Verbrauch sehr hoher Gleichspannung erfordert, die wir heute noch nicht vollständig besitzen. Man muß nämlich entweder Serienschaltungen von sehr zahlreichen Generatoren oder Umformern verwenden, oder man muß Hochspannungs-Gleichrichter und Hochspannungs-Wechselrichter für Leistungen von einigen hunderttausend Kilowatt herstellen. Es ist heute wohl sicher, daß die Technik derartige Umformer durch die Mittel der Elektronen- und Ionensteuerung in Vakuumräumen in den nächsten Jahren oder Jahrzehnten wird herstellen können. Durch diese Apparate stehen Fortschritte auf einer ganzen Reihe von Gebieten in sicherer Aussicht, jedoch braucht die Entwicklung natürlich eine gewisse Zeit.

In letzter Zeit ist nun auch dem Wechselstrom eine starke Hilfe entstanden, u. zw. in der Verbesserung der Kondensatoren, die ja ein uraltes Gerät der Elektrotechnik darstellen. Es ist aber seit kurzem gelungen, sie so außerordentlich zu verbessern, daß sie heute in die Reihe der Apparate zu stellen sind, die auch in der Starkstromtechnik wirtschaftlich anwendbar sind. Es ist gelungen, die Festigkeit der Isolierung der Kondensatoren durch zweckmäßige Materialauswahl so außerordentlich zu steigern und die Betriebsicherheit dabei so zu erhöhen, und dabei ihre Kosten derart zu verringern, daß man heute in wirtschaftlicher Weise viele Tausende von kVA Blindleistung mit

ihnen erzeugen kann. Es ist daher jetzt möglich, die schädliche Selbstinduktion der Wechselstrom-Fernleitungen durch relativ preiswerte Kondensatoren zu kompensieren, und diese brauchen, da sie ja ruhende Apparate sind, eine geringere Wartung und Regelung als die bisher für diesen Zweck benötigten rotierenden Maschinen.

Nachteilig für die Gleichstromübertragung sind die Kurzschluß- und Erdschlußerscheinungen, denn Wechselstrom-Kurzschlüsse werden durch die Induktanz der Leitungen stark gedämpft, während Gleichstrom-Kurzschlüsse in kurzer Zeit auf ungeheure Stärke anwachsen. Ihre Beherrschung und Abschaltung erfordert daher größere und schneller wirkende Schalter als bei Wechselstrom. Beim Doppelerdschluß auf der Gleichstromleitung können diese Ströme sich auf ungeheure Entfernungen störend ausbreiten, während die Wechselstrom-Rückströme in der Erde sich auf einen Bereich von wenigen hundert Meter in der Nachbarschaft der Hinleitung konzentrieren.

Bedenkt man zum Schluß noch, daß Drehstromübertragungen auf sehr große Entfernung sich an die bisherigen Großverteilungen lediglich durch das einfache und preiswerte Mittel der Transformatoren ohne weiteres anlehnen, während die Gleichstromübertragungen an ihren Enden und auch an Zwischenanzapfungen kostspielige Gleich- und Wechselrichter benötigen, und daß demgemäß die Drehstromübertragung leichter schrittweise nach Maßgabe ihres Bedarfes ausgebaut werden kann, so kommt man auf Grund von zahlenmäßigen Überschlagrechnungen, die für jeden bestimmten Fall genau durchgeführt werden können, zu folgendem Schluß: Die Wechselstrom-Fernleitung enthält lauter bekannte und betrieblich bewährte Aufbauelemente, ihre Ausführung ist daher schon heute ohne prinzipielles Risiko möglich und sie ist dabei in ihren Kosten durchaus konkurrenzfähig mit der Gleichstromübertragung von morgen oder übermorgen, die zu ihrem Aufbau Hochleistungs-Ionen- und Elektronenapparate benötigt, deren Entwicklung sich noch in vollem Fluß befindet.

Vorsitzender: Das Wort hat Herr Direktor TRÖGER.

Tröger, Berlin: Meine Damen und Herren! Gestatten Sie mir einige zusammenfassende Bemerkungen zu einer Frage, die sowohl in den Hauptvorträgen, als auch von den an der Aussprache beteiligten Rednern mehrfach gestreift worden ist und der m. E. für die weitere Entwicklung der Starkstromtechnik große Bedeutung beizumessen ist.

Der Werdegang der Starkstromtechnik zeigt zwei deutlich gegeneinander abgegrenzte, wesensverschiedene Etappen.

Die Vorkriegzeit schuf das Fundament in intensiver Einzelarbeit: die grundlegenden Erfindungen, Rechnungsmethoden, Konstruktionen und die Grundlage für den Aufbau der zentralen Energieversorgung.

Die zweite Etappe, die Nachkriegzeit, weist, von wenigen Ausnahmen abgesehen, keine grundlegenden Neuerungen auf. Ihre Kennzeichen sind: Expansion, hemmungsloses Wachstum, Rechnen mit Milliarden von kWh, Zusammenschluß der Stromversorgung über Provinzen, Staaten, ja, der Zusammenschluß eines ganzen Weltteiles wird ernstlich erörtert.

Anzeichen sind vorhanden, daß diese stürmische Entwicklung wenigstens eine Zeitlang in ruhige Bahnen einlenkt und daß eine dritte Periode einsetzt, die im Charakter der Vorkriegsentwicklung ähnelt, wenn sie auch inhaltlich entsprechend den geänderten Vorbedingungen ihre eigenen Wege gehen wird.

Die Starkstromtechnik steht vor völlig neuartigen Aufgaben, deren Umrisse sich bereits deutlich abheben.

Ich denke an das umfangreiche Gebiet der Elektronentechnik, an die Nutzbarmachung der neuen physikalischen Erkenntnisse für die Starkstromtechnik.

Sie wird sich auf alle Zweige der Starkstromtechnik auswirken und auf Jahre hinaus die fähigsten Köpfe in intensiver Einzelarbeit beschäftigen, bis ein sicheres Fundament geschaffen ist, wie es die Nachkriegsperiode vorfand und wie es zur Fortsetzung der expansiven Entwicklung benötigt wird.

Wie weit die Vorarbeiten auf dem Gebiete der Elektronentechnik gediehen sind, wollen Sie aus der Tatsache entnehmen, daß mehrere Fachvorträge der diesjährigen Tagung bereits über wertvolle Einzelergebnisse berichten.

Im Vordergrund des Interesses steht das gesteuerte elektrische Ventil, das allein schon der Starkstromtechnik eine ungeheure Anzahl von Anwendungsmöglichkeiten bietet.

Seit Erfindung der Liebenröhre vergingen etwa 10 Jahre, bis der erste klare Vorschlag für eine großzügige Verwendung dieser Neuerung in der Starkstromtechnik gemacht wurde. BREISIG ließ sich im Jahre 1919 eine Schaltung für eine Fernübertragung mit hochgespanntem Gleichstrom unveränderlicher Spannung patentieren; hierbei wurde der Gleichstrom mit Hilfe von gesteuerten Röhren aus Wechselstrom gewonnen und am Leitungsende ebenfalls über Röhren in Wechselstrom, Ein- oder Mehrphasenstrom, beliebiger Periodenzahl zurückverwandelt.

Die Bemühungen BREISIGs, das Interesse der Industrie für seinen Vorschlag zu gewinnen, scheiterten an der damaligen Aussichtslosigkeit, Röhren für große Stromstärken herzustellen. Breisig ging nämlich von dem Hochvakuumrohr aus, das unübertreffliche Steuereigenschaften besitzt, bei dem jedoch auch heute noch nicht die Schwierigkeiten größerer Durchgangsleistung überwunden sind.

Diese letztere Bedingung, große Durchgangsleistungen, erfüllt aber ein naher Verwandter des Hochvakuumrohres, das Quecksilberdampfventil, der altbekannte und in zahlreichen Anlagen bewährte Gleichrichter.

Es lag daher nahe, zu versuchen, Gleichrichter steuerbar auszuführen. Dies gelang durch Einbau geeigneter Gitter, unterstützt durch den Übergang zu Glühkathoden.

Leider weist diese Steuerung noch eine Unvollkommenheit auf: sie wirkt nur einfach; man kann wohl den Stromkreis in einem beliebigen Moment einschalten, aber die Steuerung bietet keine unmittelbare Handhabe, den Stromverlauf selbst zu regulieren und ihn zu unterbrechen. Letzteres wird jedoch ermöglicht, wenn infolge anderweitiger Einwirkung der Strom nur einen kurzen Augenblick auf Null zurückgeht oder durch Null hindurchgeht, wie dies nach jeder Halbperiode bei Wechselstrom der Fall ist; dann kann man durch die Gittersteuerung den Strom sowohl in positiver wie negativer Richtung so lange sperren, bis durch einen neuen Steuerimpuls der nächste Schaltvorgang eingeleitet wird.

Es gelang nun sehr bald unter Verwendung von Kondensatoren und Induktivitäten Schaltungen auszuarbeiten, die dieser Bedingung, den Strom in einem beliebigen Augenblick durch Null durchgehen zu lassen, erfüllen.

Damit war die Aufgabe gelöst, gesteuerte Gleichrichter trotz ihrer unvollkommenen Steuereigenschaften für Zwecke auszunutzen, die nur durch doppelte Steuerung, also Ein- und Ausschaltregulierung, lösbar sind.

Abgesehen von der Beherrschung beliebig großer Durchgangsleistungen war damit gegenüber dem Hochvakuumrohr der weitere Vorteil gewonnen, daß die Entwicklung sich zu einem wesentlichen Teil auf eine Apparatur, nämlich den Gleichrichter, stützen kann, für den bereits längere Erfahrungen im praktischen Betriebe vorliegen und daß die wirtschaftliche Seite dieser Neuerung einigermaßen übersehbar ist. Die Anlagekosten und Wirkungsgrade bewegen sich wenigstens der Größenordnung nach in der Linie der normalen Gleichrichter.

Nunmehr zur Frage, ob diese auf den ersten Blick unscheinbare Neuerung tatsächlich bedeutungsvoll genug ist, um eine ganze Entwicklungsperiode der Starkstromtechnik maßgebend zu beeinflussen, wie ich vorhin angedeutet habe.

Bestätigen sich, wie mit gutem Recht angenommen werden darf, im praktischen Betrieb die Ergebnisse des Versuchsfeldes und der Erstausführungen, dann haben wir damit ein Mittel in der Hand, auf stationärem Wege, ohne bewegte Maschinen und ohne besondere Betriebsüberwachung u. a. folgende Aufgaben zu lösen:

Die allgemeine, beliebig umkehrbare Transformation des Stromsystems, also z. B. der Übergang von Mehrphasen- in Einphasensystem, von Gleichstrom in Wechselstrom und umgekehrt, die Umformung der Periodenzahl mit festem oder stufenlos regulierbarem Zahlenverhältnis; die stufenlose Regulierung von Spannung, Strom und Energie in den weitesten Grenzen; und dabei ist von besonderer Wichtigkeit, daß die transformierten Systeme starr oder elastisch gekuppelt betrieben werden können und daß bei Übergang vom Mehrphasen- zum Einphasensystem ersteres symmetrisch belastet wird. Wir wissen, wie wichtig oder geradezu notwendig diese Eigenschaften sind, wenn es sich darum handelt, zwei Netze miteinander zu kuppeln oder gar Bahnnetze mit eigenen Kraftwerken gleichzeitig aus dem Netz der öffentlichen Stromversorgung zu speisen.

Wir stehen ferner vor der Lösung des Induktionsmotors mit verlustlos, stufenlos regulierbarer Umlaufzahl für Nebenschluß- und Reihenschlußcharakteristik. Die Bedeutung eines derartigen Motors für die kleinsten wie für die größten Antriebe z. B. Walzenstraßen, Bahnen, Schiffsantrieb usw. brauche ich nicht hervorzuheben. Damit wäre schlechtweg die Frage der stufenlosen Tourenregelung für das gesamte Gebiet der Technik entschieden.

Auch BREISIGs Vorschlag der Fernübertragung, den ich vorhin erwähnte, dürfte in absehbarer Zeit zu verwirklichen sein. Was wäre damit gewonnen? Mehrfach haben Kabelfachleute hervorgehoben, daß Kabel bei Verwendung von Gleichstrom die doppelte bis dreifache Förderleistung besitzen wie bei Betrieb mit Wechselstrom. Es besteht somit die Aussicht, in Zukunft die Energie durch Kabel ebenso billig oder billiger zu übertragen, als dies heute durch Freileitungen geschieht. Ferner wären damit die durch Stabilitätserscheinungen hervorgerufenen Schwierigkeiten, jedenfalls soweit sie die Leitungen betreffen, beseitigt. Der Stabilitätswinkel ϑ wird Null, also lastunabhängig; die Leitung dürfte aus diesem Grunde schätzungsweise eine um weitere 20 ... 30 % erhöhte Ausnutzung ermöglichen.

Zum Schluß noch ein anderes bedeutungsvolles Anwendungsbeispiel: Mit dem Einbau der gesteuerten Ventile wird aller Voraussicht nach das Schaltproblem auf eine völlig neue Grundlage gestellt. Innerhalb der Stromgrenzen, für die das Ventil hergestellt ist, sind keine zusätzlichen Schalter erforderlich. Es ist ja gerade das Wesen des gesteuerten Ventiles, lediglich durch Gitterimpulse den Strom beliebig häufig — hundertmal und mehr in einer Sekunde, wenn verlangt — ein- und auszuschalten, also ohne zusätzliche Hilfsmittel.

Diese Beispiele mögen genügen, um zu erkennen, welch weites Arbeitsfeld die Elektronen-Wissenschaft schon mit dieser einen Gabe des gesteuerten Ventils der Starkstromtechnik bietet — und wie berechtigt es ist, hiermit die Hoffnung auf eine neue Entwicklungsperiode zu verbinden.

Obwohl, oder gerade weil wir noch am Anfang der Entwicklung stehen, ist es wichtig, sich rechtzeitig ein Bild von der umfassenden Bedeutung dieser Neuerung zu machen. Wir ebnen damit den Weg für eine ruhige, verständnisvolle Zusammenarbeit aller beteiligten Kreise und schützen uns damit um so eher gegen Überspannung des Tempos, gegen Sensation und Frühgeburten, die das Fortkommen eines Lebewesens um so ernster gefährden, je wertvoller es ist. (Lebhafter Beifall.)

Vorsitzender: Meine Herren! Weitere Meldungen zur Aussprache liegen nicht mehr vor. Ich schließe damit die Aussprache. Ich spreche den Rednern für ihre außerordentlich interessanten Ergänzungen und wertvollen Anregungen besten Dank aus.

Im Anschluß daran habe ich noch die Herren Vortragenden zu fragen, ob sie ein Schlußwort sprechen wollen.

Matthias, Berlin: Zu den Ausführungen des Herrn JAHNCKE bezüglich Isolation möchte ich anfügend bemerken, daß es bei diesen dünnen Isolationsschichten zunächst schwierig erscheint, die Gleitfunkenbildung an den Rändern und dünnen Schichten zu beherrschen. Aber gerade in dem Mittel der Potentialsteuerung durch schwachleitende Schichten haben wir ja ein so vorzügliches Hilfsmittel, solche Schwierigkeiten zu beseitigen.

Zu den Ausführungen von Herrn RACHEL möchte ich betonen, daß besonders die von ihm gekennzeichneten Verbesserungen der Netze im Sinne eines rationelleren Aufbaus eine gute Beschäftigungsmöglichkeit für die Industrie in der nächsten Zukunft geben werden.

Bezüglich der weiteren Entwicklung ist ja wohl sicher, daß die Elektronik uns noch große kulturelle Fortschritte bescheren wird, und daß die Elektrifizierung der Bahnen, sobald Kapital dazu da ist, nicht mehr lange auf sich warten lassen darf.

Zur Frage der Gleichstromkraftübertragung möchte ich nicht noch einmal ausführlich das Wort ergreifen, sondern nur darauf hinweisen, daß wir zunächst einmal abwarten müssen, wie und mit welchen Mitteln sich der Gleichstrom bezüglich der Gleichrichtung und der Rückrichtung in Wechselstrom entwickeln wird; das wird uns hoffentlich die nächste Zukunft bei der emsigen Entwicklungsarbeit aller beteiligten Stellen aufzeigen. Das eine wird aber wohl sicher bleiben, daß für die Verteilung auf der Abnehmerseite nach wie vor der Drehstrom seine Bedeutung behalten wird, und daß wir darum um unsere jetzigen Drehstromnetze wohl kaum zu bangen haben.

Vorsitzender: Ich danke nochmals den an der Aussprache beteiligten Rednern, welche unsere heutige Aussprache auf eine sehr hohe Stufe gestellt haben, und danke nochmals Herrn Professor Matthias für seine Ausführungen.

Damit, meine sehr geehrten Herren, sind wir am Ende unserer Tagesordnung angekommen, wobei ich nicht vergessen will, nochmals darauf hinzuweisen, daß ein Teil der Tagung in Form der außerordentlich wichtigen Fachberichte heute nachmittag ihre Fortsetzung findet.

Am Ende unserer Tagung möchte ich nicht verfehlen, allen denjenigen, welche mit hingebungsvoller, schwerer und schwieriger Arbeit die Tagung vorbereitet haben, Dank zu sagen, Dank zu sagen ebenso der außerordentlich verständnisvollen Unterstützung durch Staats- und Landesbehörden und die Stadtverwaltung und alle Verbände. Ohne diese Hilfe, die uns von allen Seiten zuteil geworden ist, ist die reibungslose Durchführung der Tagung ein Ding der Unmöglichkeit.

Zum Schluß nochmals Dank für alle Gastfreundschaft, die wir genossen haben, und nochmals besonderen Dank der Elektrotechnischen Gesellschaft zu Frankfurt a. M. und deren verehrten Vorsitzenden, Herrn Professor Dr. Salomon.

Meine Herren, ich schließe damit Namens des Verbandes Deutscher Elektrotechniker und Namens der Vereinigung der Elektrizitätswerke die diesjährige Jahresversammlung und rufe Ihnen ein „Auf Wiedersehen!" zu. (Lebhafte Bravorufe.)

Schluß der Tagung 13 Uhr 3 Minuten.

Neu erschienene VDE-Sonderdrucke.

Folgende VDE-Vorschriften-Sonderdrucke sind neu erschienen:

- VDE 435 a Erweiterung des § 7 der „Vorschriften für Rundfunkgeräte, die mit Starkstromanlagen (-netzen) in Verbindung stehen".
- „ 436 a Änderung bzw. Erweiterung des § 40 der „Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebspannungen unter 1000 V, V. E. S. 1./1930".
- „ 454 b Änderungen der „Vorschriften, Regeln und Normen für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial bis 750 V Nennspannung K. P. I./1928".
- „ 495 Vorschriften für Elektrowärmegeräte für Spannungen bis 250 V gegen Erde.
- „ 511 Leitsätze für die Prüfung und Lieferung von Asbestfabrikaten.

Die Sonderdrucke können vom VDE, Abt. Verlag, Berlin W 57, Potsdamer Straße 68, bezogen werden.

Verlegung der Geschäftsstelle.

Die Geschäftsräume des Verbandes Deutscher Elektrotechniker sowie seiner Prüfstelle werden ab 1. Oktober 1931

nach Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33

VDE I. Obergeschoß
Prüfstelle III. „ verlegt.

Fernruf für VDE u. Prüfstelle C 4 Wilhelm 8864—68.

Verband Deutscher Elektrotechniker e. V.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

SITZUNGSKALENDER.

Deutsche Gesellschaft für technische Physik, Berlin (gemeinsam mit der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde). 25. IX. 1931, abds. 7½ h, gr. Hörsaal des Phys. Inst. der T. H.: 1) Vortrag Prof. Dr. C. Benedicks, „Über die molekulare Wirkungsphäre der Metalle". 2) Vortrag Dr. E. Pietsch, „Grundvorgang der Korrosion als Fall der heterogenen Katalyse".

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

C. Hesse †. — Auf einer Dienstreise starb am 15. IX. der Leiter der Hessenwerke G. m. b. H., Darmstadt, Dir. Conrad Hesse, im 64. Lebensjahr. Der Verstorbene hat besonders den Kleinmotorenbau gefördert und beteiligte sich auch rege an der Gemeinschaftsarbeit der deutschen Elektrotechnik, zeitweilig als Vorsitzender der Hessischen Elektrotechnischen Gesellschaft.

R. Bosch. — Am 23. IX. feierte Dr.-Ing. E. h. Robert Bosch, der Begründer der Robert Bosch AG. in Stuttgart und Feuerbach, seinen 70. Geburtstag. Vor nunmehr 45 Jahren hat er in Stuttgart die Werkstätte für Elektrotechnik und Feinmechanik begründet, die sich unter seiner Führung im Laufe der Jahre zu einem Großunternehmen von Weltgeltung ausgewachsen und viel zur Hebung des Ansehens deutscher Arbeit im Ausland beigetragen hat. Mit ungeminderter Tatkraft hat der Begründer sein Werk nach dem Kriege, der den wichtigen Auslandsmarkt zerstört hatte, umgestaltet und gewissermaßen von neuem aufgebaut. Die hohen Führereigenschaften des nunmehr Siebzigjährigen erfahren durch sein soziales Verständnis, das er innerhalb seiner Werke weitgehend in die Tat umsetzte, einen menschlich besonders wertvollen Zuwachs.

LITERATUR.

Besprechungen.

Das Kraftwerk Wäggital (Bericht der Bauleitung). Mit 267 Abb., Tab. u. Diagrammen, sowie 2 farb. kartographischen Beilagen, XIII u. 240 S. in 2°. Verlag AG Kraftwerk Wäggital, Siebnen (Schweiz) 1930. Preis geb. 12 Fr.

Zur Wasserwirtschaft des Kraftwerkes Wäggital auf Grundlage hydrometeorologischer Erhebungen (Wissenschaftlicher Beitrag zum Bericht der Bauleitung: Das Kraftwerk Wäggital). Von Dr.-phil. h. c. O. Lütschg. Mit 72 Abb., Tab. u. Taf., IV u. 76 S. in 2°. Verlag AG Kraftwerk Wäggital, Siebnen (Schweiz) 1930. Preis geb. 6 Fr.

Während der Bericht der Bauleitung des Kraftwerkes Wäggital, das bereits in der ETZ beschrieben wurde[1], die Projektierungsgrundlagen, die Bauorganisation, die einzelnen Staustufen, die Betriebsführung und die Abnahmeversuche behandelt, wird in der Beilage von Lütschg ein Bild von den bisherigen und noch in Aussicht stehenden Forschungen über die meteorologischen Verhältnisse im Wäggital gegeben. Beide Bände zusammen liefern einen ausgezeichneten Überblick über das Kraftwerk sowohl hinsichtlich der in Frage kommenden klimatischen Verhältnisse und des wasserbaulichen Teiles als auch der maschinellen und elektrotechnischen Einrichtungen. Der Text sowie die Zahlentafeln, Diagramme und graphischen Darstellungen enthalten aber auch manche Angaben, die allgemeinere Bedeutung haben und für die Projektierung und den Bau ähnlicher Kraftwerke nützlich sein können. Die Ausstattung der Bücher ist gediegen; Abbildungen, Zeichnungen und Karten sind vorzüglich. W. Kraska.

Aufgelöste Rechenbeispiele aus der Praxis des Elektroinstallateurs. Von W. Kahler u. P. Schemmann. 3., erw. Aufl. Mit 113 Fig. i. Text, V u. 169 S. in 8°. Verlag Julius Beltz, Langensalza, Berlin-Leipzig 1931. Preis kart. 3,50 RM.

Die vorliegende Sammlung von aufgelösten Rechenbeispielen aus der Praxis des Elektroinstallateurs ist in der Hauptsache eine Zusammenstellung von Übungsaufgaben für den Gebrauch an Berufschulen, Meister- und Gehilfenkursen, sowie zum Selbststudium. Wer die Ausbildung des Berufes im Elektroinstallateurgewerbe verfolgt, stellt darin erhebliche Lücken fest, welche wohl durch die von Kahler und Schemmann zusammengestellten Rechenbeispiele recht gut geschlossen werden können. Die normale Berufsschulbildung, wie sie heute ist, reicht nicht aus, um dem Gehilfen und Meister das zu geben, was er zur fachlich richtigen Ausführung seines Berufes eigentlich gebraucht. Es reicht vor allen Dingen nicht aus als Vorbereitung für die Elektromeister-Prüfung an den Handwerkskammern. Vielfach geht die Ausbildung in unseren Gewerbelehranstalten daran vorbei. Es ist daher schon bei dem Erscheinen der 1. Auflage dankbar begrüßt worden, daß mit dem vorliegenden Buche für Fach- und Vorbereitungskurse Unterlagen geschaffen wurden, aus denen auch brauchbares Material für Elektromeister-Prüfungen geschöpft werden kann und deren Richtung bestimmt. Die Sammlung hat aber nicht nur den Wert eines Lehrbuches, das vergessen werden darf, wenn der Unterricht vorüber ist, sondern ihr Wert ist bleibend als Nachschlagewerk für den gewordenen Meister; es ermöglicht die Wiederholung und Befestigung des früher Erlernten und die Erprobung des theoretischen Wissens an Beispielen aus der Praxis. Es kann daher jedem empfohlen werden, der das Elektroinstallateur-Gewerbe nicht nur mechanisch ausführen, sondern auch theoretisch erfassen, voll verstehen und bewußt ausüben will. K. Krohne.

[1] ETZ 1930, S. 1552.

Dezimalklassifikation, Deutsche Ausgabe von 621.3/Elektrotechnik. Nach der vom Internationalen Bibliographischen Institut in Brüssel herausgegebenen 2. Fassung. Bearbeitet im Auftrage des Deutschen Normenausschusses von Postrat Dr. F. Moench, Dipl.-Ing. H. Günther, Dr. J. Hanauer und Dipl.-Ing. O. Frank. Mit 50 S. in 4°. Beuthverlag G. m. b. H., Berlin 1931. Preis geh. 5,50 RM.

Die Brüsseler Dezimal-Klassifikation (DK) ist dem Namen nach wohl jedem Ingenieur bekannt. Sie hatte jedoch für uns in Deutschland bisher den Nachteil, daß ihre Abteilungen nur in der französischen und einigen anderen fremden Sprachen erschienen waren. Die Benutzung der Klassifikation und das Kennenlernen der bereits in mehreren in- und ausländischen Zeitschriften benutzten DK-Nummern war hierdurch sehr erschwert. Diesem Mangel wird nun dadurch abgeholfen, daß sich der Deutsche Normenausschuß der dankenswerten Aufgabe unterzogen hat, eine deutsche Übersetzung der DK zu veranstalten. Nachdem bereits vor längerer Zeit die Abteilung 0 „Allgemeines, Bibliothekswesen" erschienen ist, folgt jetzt die Abteilung 621.3 „Elektrotechnik". An mehreren anderen Abschnitten sind die Arbeiten begonnen, so daß mit einem baldigen Erscheinen weiterer, die Technik interessierender Abteilungen zu rechnen ist.

Die vorliegende Übersetzung von 621.3 ist auf Wunsch des VDE herausgegeben, „um weitere Kreise mit der DK bekanntzumachen und ihnen Gelegenheit zur Mitarbeit beim weiteren Ausbau zu geben". Die Mitarbeiter haben die Anordnung so zu treffen verstanden, daß sich auch der mit der DK noch wenig Vertraute schnell in das System hineinfindet und die zu einem bestimmten Gegenstand gehörige Ziffer leicht feststellen kann. Während die Unterteilung im allgemeinen bis zur 9. und 10. Stelle durchgeführt ist, harren manche Abschnitte noch der ausgiebigen Unterteilung. Es wäre zu begrüßen, wenn die Übersetzung dazu beiträgt, daß auch auf diesen noch weniger bearbeiteten Gebieten die Vorteile der systematischen Ordnung voll ausgenutzt werden können.

Franz Moeller.

The Autobiography of an Engineer. Von W. le Roy Emmet. Mit Abb., XV u. 213 S. in 8°. Verlag Fort Orange Press, Albany, New York, 1931. Preis geb. 2 $.

Die Gestalt des Verfassers, der in Deutschland vorwiegend durch die Entwicklung des Quecksilberdampf-Prozesses bekannt geworden ist, tritt uns aus seiner Selbstbiographie als die eines kraftvollen, selbstbewußten Ingenieurs mit hoher praktischer Veranlagung und früh ausgeprägtem Verständnis für die wirtschaftlichen Notwendigkeiten der Technik entgegen. Le Roy Emmet hat die gute Schule der Naval Academy durchlaufen, er wollte ursprünglich Marineoffizier werden. Sein Buch schildert in lebhaften Farben diese Ausbildungszeit, die Kameraden, die erste große Fahrt und die Umstände, die letztlich sein Ausscheiden nach vollendeter Ausbildung veranlaßten. Er fand nach einigen anderen Versuchen Anstellung bei der U. S. Illuminating Co. und errang erste Erfolge auf dem Gebiet der elektrischen Bahnen. Die mit dem Betrieb dieser ersten Linien verbundenen Schwierigkeiten werden anschaulich geschildert und sind sehr lesenswert. Emmet ging dann zur Edison Co. über, die sich wenig später mit Thomson-Houston zur General Electric Co. verband. Er arbeitete nun vorwiegend auf dem Gebiet der Kraftwerke, bis ihn um 1900 die Entwicklungsarbeiten an der Dampfturbine gefangennahmen. Später setzten langdauernde zähe Bemühungen um die Einführung des elektrischen Schiffsantriebes ein, die ihn wieder in enge Berührung mit der Marine brachten, und vom Jahre 1913 an datiert seine Arbeit am Quecksilberdampf-Prozeß, „... the most laborious and I think much the most important work of my life...".

Das Buch ist lebendig geschrieben, gibt manche interessante Einzelheiten aus der Geschichte der Technik und ihrer Pioniere und bildet eine anregende Lektüre für jeden Ingenieur. Einband, Druck und Bildwiedergaben sind ausgezeichnet. G. H. Winkler.

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Chiles elektrotechnische Einfuhr und Marktlage. — Als Gesamtwert der Elektroeinfuhr Chiles im Jahre 1929 nennt El. Review[1] 51,177 Mill Pes[2] gegenüber 38,5 im Vorjahr; das bedeutet eine Steigerung um nahezu 33 %. Von dem genannten Betrag entfielen auf die Hauptlieferanten folgende Werte: V. S. Amerika 22,632, Deutschland 11,797 und Großbritannien 10,907 Mill Pes. Im einzelnen ergeben sich die Zufuhren aus nachstehender, der genannten Zeitschrift entnommenen Übersicht, die erkennen läßt, daß von wichtigen Erzeugnissen lediglich die Leuchtmittel einen Rückgang gegen 1928 aufweisen, während der Bezug von Vorrichtungen für Beleuchtung und Stromerzeugung sowie von Schwachstrom- bzw. Funkapparaten und Leitungsmaterial erheblich gewachsen ist. Deutschland hat hauptsächlich Motoren, elektrische Fächer, Zähler, Glühlampenkolben, Beleuchtungsmaterial, Bogenlampen, Isolierrohre und isolierte Drähte nach Chile gesandt und dabei seine Lieferungswerte teilweise beträchtlich erhöhen können. Nach einer weiteren Mitteilung der El. Review bestehen in der Republik über 140 öffentliche Elektrizitätsunternehmungen, die 1929 insgesamt 220 Mill kWh produzierten. Man rechnet mit einer erheblichen weiteren Ausdehnung der Erzeugungs- und Verteilungsanlagen und dementsprechend mit nennenswerten Aufträgen für diese, die allerdings, da 1928 die größeren Elektrizitätswerke und die Straßenbahnen von Santiago und Valparaiso in den Besitz einer amerikanischen Gruppe übergegangen sind, wahrscheinlich zum großen Teil an die V. S. Amerika fallen dürften. Den vor einiger Zeit vom Präsidenten dem Kongreß vorgelegten Plan, alle elektrischen und Gasunternehmungen in einer nationalen Gesellschaft zu vereinigen, scheint man nicht weiter verfolgt zu haben. Nach Ansicht des englischen Handelssekretärs in Santiago spielen auf dem chilenischen Markt langer Kredit und Billigkeit der Ware eine größere Rolle als deren Qualität. Für die Ausführung elektrischer Anlagen in Chile hat das Diario Oficial vom 7. VII. neuerdings Bestimmungen veröffentlicht.

Erzeugnisse	1929	1928	Änderung g. V.
	1000 Pes		
Dynamos, Motoren, Transformatoren usw.	9 005[3]	6 580	+ 2 425
Akkumulatoren, Elemente	4 220	3 035	+ 1 185
Elektrische Fächer	210	70	+ 140
Elektrizitätszähler	900	560	+ 340
Vorrichtungen für Beleuchtung	9 870	1 650	+ 8 220
Bogenlampen	200	300	— 100
Glühlampenkolben	3 680	3 820	— 140
Elektrische Klingeln nebst Teilen	240	85	+ 155
Isolierrohre	1 020	800	+ 220
Kabel und isolierte Drähte	12 895	7 630	+ 5 265
Isolatoren für Schwachstromanlagen	1 130	600	+ 530
Telegraphen-, Fernsprech-, Funk- und Radioapparate	11 480	8 380	+ 3 100
Elektrotechnische Kohlen	330	165	+ 165

Englands elektrotechnischer Außenhandel[4]. — Für den Juli 1931 ergibt sich bei der Einfuhr gegenüber dem Vormonat (531 580 £) eine Zunahme um 61 953 £ (11,7 %), verglichen mit dem Juli des Vorjahres aber eine Abnahme um 48 121 £ (7,5 %). Die Ausfuhr weist gegen den Juni (869 587 £) eine Steigerung um 150 644 £ (17 %) auf, ist gegenüber dem Juli 1930 indessen um 602 926 £ (37 %) zurückgegangen. Während der abgelaufenen sieben Monate hat sich die Einfuhr um 1 355 211 £ (26,7 %) und die Ausfuhr um 3 623 148 £ (33 %) verringert.

Erzeugnisse	Einfuhr in £		Ausfuhr in £	
	1931	1930	1931	1930
	Juli			
Maschinen	134 096	141 020	328 907	583 213
Waren u. Apparate	459 437	500 634	691 324	1 039 944
	593 533	641 654	1 020 231	1 623 157
	Januar/Juli			
Maschinen	872 566	1 127 719	2 547 842	3 852 044
Waren u. Apparate	2 842 058	3 942 116	4 842 327	7 161 273
	3 714 624	5 069 835	7 390 169	11 013 317

[1] Bd. 108, S. 645 (1931).
[2] 40 Pes = 1 £.
[3] Auf Elektromotoren entfielen davon 5,305 Mill Pes. Ohne diese hat die Einfuhr von Maschinen gegen 1928 um 2,88 Mill Pes abgenommen.
[4] El. Rev. Bd. 109, S. 300 (1931). Vgl. ETZ 1930, S. 1412; 1931, S. 1016.

Elektrotechnischer Außenhandel der V. S. Amerika[1]. — Die vorläufigen Angaben für Juni 1931 zeigen, daß die Ausfuhr elektrischer Maschinen, Apparate und Zubehörteile wertlich 8 277 861 $ betrug und damit um 2 496 343 $ oder 23 % hinter dem im gleichen Monat des Vorjahres erzielten Betrag von 10 774 204 $ zurückgeblieben ist. Die Verringerung betraf einen großen Teil der Erzeugnisse, insbesondere Transformatoren, stationäre Motoren, ferner Kühlanlagen und Waschmaschinen für den Haushalt, elektrische Fächer sowie Staubsauger, sodann Fernsprecheinrichtungen, nicht näher bezeichnete Apparate, Ofenelektroden und isolierten Kupferdraht. Die nordamerikanischen Verschiffungen nach Rußland werden für den Berichtsmonat auf rd. 1,077 Mill. $ veranschlagt und umfaßten hauptsächlich größere Schalter, Zubehör sowie Teile von Generatoren, transportable elektrische Werkzeuge, elektrische Öfen und Wärmeapparate, stationäre Motoren, Umformer usw. Im ersten Halbjahr 1931 hatte die Elektroausfuhr der V.S. Amerika einen Wert von 60 494 396 $, d. s. 11 078 823 $ bzw. 15 % weniger als im Parallelmonat des Vorjahres (71 573 219 $).

Fortschritte der russischen Elektroindustrie. — Einem Bericht des Leiters der Vereinigung der elektrotechnischen Industrie der UdSSR zufolge sind 1931 dort zum erstenmal Turbogeneratoren von 24 000 kW, Transformatoren und Ölschalter für 115 kV, Hochspannungskabel und verschiedene neue Motorentypen hergestellt worden. Im weiteren Verlauf des Jahres sollen noch Turbogeneratoren von 15 000 kW, Transformatoren für 220 kV usw. hinzukommen. Voll entfaltet sei die Produktion automatischer Fernsprechanlagen. Zur Zeit hätten bereits acht elektrotechnische Werke, u. zw. Elektrosawod, Swetlana, Krasnaja Sarja, Moselektrik, Kosizki, Lepse, Elektrik und Karbolit den Fünfjahrplan erfüllt.

Nach den bisherigen Voranschlägen soll, wie die Handelsvertretung in Deutschland mitteilt, die Erzeugung der Elektroindustrie 1932 wertmäßig auf 1854 Mill Rbl, d. h. auf 185 % des Plans für 1931 steigen, während vordem 895 Mill Rbl vorgesehen waren. Das Programm des Elektrosawod erhöht sich von 161 auf 400 Mill Rbl oder um 148 %. Wie dieses Werk wird 1932 auch das von Charkow, Sewkabel und Elektroprowod ein Jahresprogramm von über 100 Mill RM Produktionswert aufweisen.

Geplant ist noch für 1931 eine große Elektromaschinenbauanlage im Ural (Uralelmaschstroj) mit 14 Einzelwerken, darunter solchen für die Fabrikation von Maschinen, Transformatoren, Kabeln, Apparaten usw. Nach vollem Ausbau soll deren Jahresfertigung wertlich 2,1 Mrd Rbl erreichen, das wäre das Siebenfache des Ausbringens aller elektrotechnischen Werke der UdSSR im Jahr 1930. Weiter berichtet die Handelsvertretung, daß die Podolsker Fabrik für Krack-Anlagen den Bau von 70 t-Elektrolokomotiven für Eisenbahnen begonnen habe und auch in der Lage sein werde, solche Maschinen für 132 t herzustellen.

[1] El. World Bd. 98, S. 305 (1931). Vgl. ETZ 1931, S. 1132.

Bezugsquellenverzeichnis.

Frage 32: Wer stellt Gleichstrom-Klingeltransformatoren mit Monogramm PF her?

Frage 33: Wer baut die Hand-Haarschneidemaschine Kohinor-Elektrik 2?

Frage 34: Wer baut Handpressen für die Bakelitefabrikation?

Frage 35: Wer stellt mit dem Prüfzeichen des VDE versehene Handlampentransformatoren her?

Berichtigung.

Zu dem Aufsatz von K. Wedler, Berlin: „Das Wechselstromtelegraphie-System für 85 Baud bei einem Trägerfrequenzabstand von $f = 120$ Hz" in Heft 4 und 5 der ETZ 1931 ist zu ergänzen, daß die in den Fußnoten 7 und 8 genannten Patentanmeldungen von Herrn Dr. W. Cauer stammen.

Zur Beachtung.

Vom 1. Oktober des Jahres ab wird unsere Adresse lauten:

An die
Schriftleitung der Elektrotechnischen Zeitschrift
Fernruf C 4 Wilhelm 1955/56 — ***Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33.***

Die Schriftleitung der ETZ.

Abschluß des Heftes: 19. September 1931.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 16 250 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

ETZ

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

INHALT

40. HEFT · 52. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9
(1241—1264) 1. OKTOBER 1931

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

52. Jahrgang **Berlin, 1. Oktober 1931** **Heft 40**

Die geschichtliche Entwicklung der elektrischen Kraftübertragung auf weite Entfernung*.

Von O. v. Miller, München.

Übersicht. Wiedergabe persönlicher Erinnerungen an die Kraftübertragung Miesbach—München und Lauffen—Frankfurt sowie geschichtlicher Überblick über die Entwicklung der Kraftübertragung und Kraftverteilung von den ersten städtischen Zentralen bis zu einer einheitlichen deutschen Reichs-Elektrizitätsversorgung.

Ich wurde aufgefordert, Ihnen über die elektrische Kraftübertragung auf weite Entfernung einen Bericht zu erstatten. Am morgigen Tage werden zwei vorzügliche Redner in ausgezeichneten Darlegungen und in erschöpfender Weise über die technische und wirtschaftliche Seite der elektrischen Kraftübertragung sprechen, so daß ich mich darauf beschränken kann, Ihnen nur einiges aus meiner Erinnerung über die Geschichte der Kraftübertragung zu erzählen.

Die erste elektrische Kraftübertragung auf weite Entfernung fand zwischen Miesbach und München statt. Aus Anlaß der vor 50 Jahren in Paris stattgefundenen elektrischen Ausstellung berief die französische Société des Ingénieurs Civiles einen Internationalen Ingenieur-Kongreß, und auf diesem Kongreß hielt Marcel Deprez einen Vortrag, in dem er erklärte: es ist möglich, eine beliebig große Kraft auf beliebig weite Entfernung mit hohem Nutzeffekt mit ganz schwachen Leitungen zu übertragen. Dieser Ausspruch rief keineswegs freundliche Worte hervor, im Gegenteil, man war empört, daß eine solche Utopie in Kreisen ernster Ingenieure vorgetragen wurde. Auf mich machte die Erklärung einen großen Eindruck, denn ein Vergleich mit den hydraulischen Gesetzen brachte mich zu der Überzeugung, daß der Ausspruch von Marcel Deprez berechtigt sein müsse.

Als ich ein Jahr darauf — 1882 — in München die erste elektrische Ausstellung Deutschlands organisierte, da schrieb ich an Marcel Deprez, ob er seine Theorien durch eine Übertragung auf etwa 50 km nicht praktisch beweisen wollte. Ich erhielt seine Zustimmung, Alfons Rothschild erklärte sich bereit, die Kosten zu tragen, und so wurde die erste Kraftübertragung auf weite Entfernung in Szene gesetzt.

Im Kohlenbergwerk zu Miesbach wurde von einer kleinen Dampfmaschine eine Dynamomaschine von etwa 2 PS Leistung mit einer Wicklung von seidenisolierten Drähten angetrieben, die einen Strom mit einer Spannung von 1500 ... 2000 V erzeugte. Dieser Strom wurde mittels zweier gewöhnlicher Telegraphendrähte auf 57 km nach dem Ausstellungspalast in München geleitet. Dort war ein Motor gleicher Art wie die Dynamomaschine aufgestellt, der mittels einer Zentrifugalpumpe einen 2 m hohen Wasserfall betrieb. Die erste Inbetriebsetzung erfolgte nachts 11 Uhr, nachdem die Ausstellungsbesucher die Halle verlassen hatten, damit ein Mißerfolg nicht allzu großes Aufsehen erregen würde.

Als ich das Zeichen gab, als der Motor sich zu drehen anfing, als die Zentrifugalpumpe wirkte und der Wasserfall zu rauschen begann, entstand eine Begeisterung, von der man sich heute keinen Begriff mehr macht. In echt französischer Art umarmte mich Marcel Deprez, wir gingen in die Restauration, ließen Champagner kommen und sandten ein Glückwunschtelegramm an die Akademie der Wissenschaften.

* Vortrag der XXXV. Jahresversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker in Frankfurt a. M.; unveränderte Wiedergabe nach Stenogramm.

Damals erklärte ich, in dieser Stunde sei die Anregung gegeben, nunmehr den elektrischen Strom auf ganze Provinzen und Länder zu übertragen, wenn auch der Versuch vorläufig noch recht große technische Mängel aufweisen sollte.

Technische und wirtschaftliche Mängel stellten sich bald ein. Die ungenügende Isolierung der Maschinen, insbesondere des Kommutators, verursachte zahlreiche Störungen. Während der 12 Tage, während derer die Kraftübertragung lief, waren vielleicht vier Betriebstage und acht Tage Stillstand. Die Prüfungskommission, die ich zur Beurteilung der Ausstellungsobjekte berufen hatte, stellte einen Nutzeffekt von nur 22 % fest.

Aber die Schwierigkeiten haben die Fortsetzung der Versuche nicht verhindert. Der Miesbacher Versuch wurde in den folgenden Jahren von Marcel Deprez zwischen Creil und Paris mit größeren Maschinen wiederholt. Zwei auf Böcken aufgestellte Lokomotiven, von welchen je ein Rad als Riemenscheibe ausgebildet war, trieben eine Dynamomaschine. Der Strom von 5000 ... 6000 V wurde über Paris nach Creil, d. i. über eine Strecke von 112 km, zurückgeleitet, und dort stand neben der Dynamomaschine auch der Motor, um das Ergebnis der Versuche genau übersehen und messen zu können. Als Marcel Deprez einen Bericht über diesen zweiten Versuch, welcher einen Wirkungsgrad von 45 % ergab, in der Akademie der Wissenschaften erstattete, wurde ich erfreut durch eine Ansprache des Vorsitzenden, der darauf hinwies, daß der erste und bedeutungsvollste Versuch nicht in Frankreich, sondern in Deutschland, u. zw. in München gemacht worden sei. Es sei beschämend, daß man Deprez nicht die Möglichkeit gegeben hätte, in seinem eigenen Lande den Beweis für die Richtigkeit seiner Theorie zu führen, aber das Gefühl der Beschämung würde noch übertroffen durch das der Dankbarkeit für die großzügige Unterstützung, die Marcel Deprez in Deutschland gefunden habe.

Auch die Versuche in Creil erbrachten keinen Beweis für die Wirtschaftlichkeit der elektrischen Kraftübertragung. Es war zu schwierig, Gleichstrommaschinen mit einer Spannung herzustellen, die für eine Übertragung auf weite Entfernung genügte.

Man mußte sich daher auch bei praktischen Anwendungen der Gleichstromübertragung mit geringen Entfernungen begnügen, wie dies die im Jahre 1886 errichtete Übertragung von Kriegstetten nach Solothurn, welche eine Strecke von 8 km mit 2000 V überbrückte, zeigt.

Von großer Bedeutung waren daher damals die Ideen Thurys, welche er, wenn ich nicht irre, erstmals auf der Wiener Ausstellung — 1883 — bekanntgab und nach welchen er mehrere Gleichstrommaschinen von je 2000 V in Serie hintereinander schaltete und dadurch eine hohe Fortleitungsspannung erzielte, die durch mehrere hintereinander geschaltete Motoren abgenommen wurde. Nach diesem System erbaute er im Jahre 1887 eine Kraftübertragung bei Genua, mit welcher eine Wasserkraft von etwa 700 PS mittels einer Spannung von 12 000 V über 30 km geleitet wurde. Eine Reihe bedeutender Kraftübertragungen wurde von Thury in der Schweiz, in Italien, Ungarn und Frankreich errichtet, von welchen die im Jahre 1906 in Betrieb genommene Übertragung von Moutiers nach Lyon mit 50 000 ... 60 000 V Spannung eine Entfernung von 180 km überbrückte. Diese Anlage ist heute noch mit wesentlich erweiterter Leistungsfähigkeit und mit einer Spannung von 125 000 V im Betrieb.

Ein neues Hilfsmittel für die Leitung von elektrischen Strömen auf weite Entfernung brachten die von Goulard erfundenen Wechselstromtransformatoren, welche gestatteten, beliebig hohe Spannungen zu erzielen und den Strom über große Strecken zu leiten. Nach diesem System wurde im Jahre 1884 auf der Ausstellung in Turin eine Kraftübertragung von 40 km bei 2000 V Spannung betrieben. Wesentliche Verbesserungen dieses Systems brachten Zipernowsky mit seinen Kollegen Déri und Blathy, welche im Jahre 1890 eine Kraftübertragung mittels 5000 V Wechselstrom von Tivoli nach Rom über 27 km projektierten und dieselbe im Jahre 1892 in Betrieb brachten.

Ein Nachteil des Wechselstroms lag allerdings darin, daß man mit ihm anfangs keine Motoren betreiben konnte. Da wurde durch Ferraris das Mehrphasensystem erfunden, das in seiner weiteren Vervollkommnung die Konstruktion einfachster Motoren ermöglichte, wobei Dobrowolski, Tesla, Haselwander, Brown sich die größten Verdienste erwarben, und damit waren neue Grundlagen für die Kraftübertragung auf weite Entfernungen geschaffen.

Es entstand daraufhin die erste Drehstrom-Kraftübertragung zwischen Lauffen a. N. und Heilbronn auf eine Entfernung von 12 km bei 5000 V Spannung.

Als ich im April 1890 auf Veranlassung Leopold Sonnemanns, dieses hochverdienten und wirklich so außerordentlich tatkräftigen Mannes, die technische Leitung der Frankfurter Ausstellung übernahm, führte ich in meinem ersten Bericht in der Elektrotechnischen Gesellschaft zu Frankfurt a. M. aus, daß es die Hauptaufgabe dieser Ausstellung sei, das Problem der elektrischen Kraftübertragung und Kraftverteilung auf weite Entfernung einer Klärung zuzuführen.

Eine Gelegenheit hierzu bot sich durch die vorhin erwähnte Drehstromzentrale in Lauffen, in welcher mehrere 100 PS an Neckar-Wasserkräften zur Verfügung standen. Ich berechnete, daß eine Spannung von etwa 20 000 V nötig sein würde, um in wirtschaftlicher Weise etwa 300 PS auf 180 km Entfernung nach Frankfurt zu übertragen.

Vorversuche, die Ingenieur Charles Brown der Firma Oerlikon anstellte, ließen die Möglichkeit der technischen Ausführung erhoffen, so daß ich im Juni die Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft sowie die Firma Oerlikon auffordern konnte, diese wichtige Kraftübertragung durchzuführen. Im Juli erhielt ich die Zusagen der Firmen bzw. ihrer Leiter Emil Rathenau und Oberst Huber, doch zogen sich die Detailverhandlungen bis zum 6. Dezember des Jahres 1890 hin, an welchem Tage in einer 16stündigen ununterbrochenen Sitzung in München nachts um ½2 ein Protokoll zustande kam, in welchem festgestellt war, daß die Zementwerke Lauffen eine Turbine von 200 Pferdestärken, die Maschinen-Fabrik Oerlikon die Dynamomaschinen, die Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft den Motor in Frankfurt, und daß beide Gesellschaften die Transformatoren für die Primärstation in Lauffen und die Sekundärstation in Frankfurt liefern sollten. Schomburg sollte die Isolatoren machen und hat sie gemacht, und die Firma Hesse in Heddernheim erklärte sich bereit, den Kupferdraht von 4 mm Durchmesser für die Leitung von Lauffen bis Frankfurt leihweise zur Verfügung zu stellen. So waren die Lieferungen verteilt. Mir blieb die Aufgabe, die Genehmigung der Länder herbeizuführen und namentlich auch die Post zu überreden, daß sie die Leitung ausführte. Das — meint man heute vielleicht — sei sehr leicht gewesen; das war es nicht. Zuerst fürchteten sehr viele, daß man sich mit dieser Kraftübertragung blamieren würde. In technischen Zeitschriften war ausgerechnet, daß nur 5 % des Stromes nach Frankfurt kommen würden. Von der Prüfungskommission wurde sogar vor dem Tage der Messung die Erklärung abgegeben, man dürfe aus ihrer Bereitwilligkeit, sich an der Messung zu beteiligen, nicht etwa den Schluß ziehen, daß man glaube, die Kraftübertragung wäre überhaupt möglich.

Nicht nur diese wissenschaftlichen Bedenken waren vorhanden; noch schlimmer waren die Befürchtungen der Gefahren der Kraftübertragung. Auf jedem Mast mußte ein Totenkopf angebracht werden, und in bestimmten Intervallen war es in Baden sogar Vorschrift, eigene Häuschen zu bauen, die wir allerdings Narrenhäuser nannten.

Nun, ich mußte die Genehmigung bekommen. Die Sache wurde erschwert durch verschiedene Ursachen, nicht nur durch die Geringschätzung, nicht nur wegen der Gefahren — in Baden waren es auch persönliche Rücksichten, die der Kraftübertragung entgegenstanden. Bei der Postverwaltung hatte man ganz mit Recht Bedenken, ob die Telegraphie, die Telephonie nicht sehr gestört werden würden, wenn man Wechselströme von 20 000 V durch das ganze Land ziehen würde. Ich schlug dann vor, alle Vertreter der Regierungen und der Post nach Oerlikon einzuladen und ihnen dort im großen Versuche vorzuführen. Das geschah im Januar 1891, und nach diesen Versuchen, während deren noch sehr viele und sehr heftige Bedenken geäußert wurden, war man schließlich vollständig überzeugt, und die Genehmigung der Postverwaltung und der Länder wurde nunmehr erteilt. Gleichzeitig überwies der deutsche Kaiser 10 000 RM in Würdigung „der an die Versuche sich knüpfenden national-wirtschaftlichen Interessen".

Nun begannen die Bauten. Es war namentlich der Oberpostrat Ebert, der mit außerordentlichem Fleiß, mit außerordentlicher Tüchtigkeit die Leitung legte. Vor dem Städte-Kongreß sollte dann die erste Übertragung erfolgen. Nach Lauffen wurde eine Kommission entsandt, durch welche die Abnahme erfolgen sollte. Dieser Kommission gehörten an: Prof. Weber, ferner Herr Dr. Strecker — den jetzigen Titel weiß ich nicht, der Name ist auch bekannter als sein Titel —, Herr Dobrowolski und natürlich Herr Oberpostrat Ebert und noch ein oder zwei andere Herren.

Da bekam ich zu meiner Überraschung ein Telegramm: die badische Regierung verweigert absolut den Zusammenschluß der Leitung an der badischen Grenze! Nachts noch fuhr ich hin, ging den ganzen Tag mit dem badischen Vertreter die Leitung ab, jede Kleinigkeit, die er beanstandete, wurde sofort behoben, aber als ich abends mit der Kommission nach Eberbach kam, wollte er den Zusammenschluß wiederum verhindern, so daß ich noch nachts zum Minister nach Karlsruhe fahren wollte. Ich war so aufgeregt, daß ich wegen Beamtenbeleidigung fast einen dreiwöchigen Urlaub im Gefängnis bekommen hätte.

Trotz des Widerstandes erfolgte dennoch abends der Zusammenschluß, und als Dobrowolski von der Stange herunterrief: der Strom ist in Frankfurt, war in der Volksmenge, die sich am Bahnhof versammelt hatte, eine ganz ungeheure Begeisterung, die allerdings wieder in einem Fäßchen Wein zum Ausdruck kam.

Die Leitung wurde erstmals am 24. August, abends 8 Uhr, eingeschaltet und am 12. September in Vollbetrieb genommen.

Die nach Schluß der Ausstellung durch die Prüfungskommission vorgenommenen Versuche ergaben, daß 235 Pferdestärken mit einer Spannung von 25 000 V auf eine Länge von 178 km mit einem Nutzeffekt von rd. 75 % übertragen wurden.

Dieses günstige Ergebnis war sofort von praktischen Erfolgen begleitet. Eine Kommission aus Siebenbürgen kam nach Frankfurt, um über die Ausnutzung der reichen Karpathen-Wasserkräfte zu verhandeln, woraus in den Jahren 1895/96 die Errichtung der Kraftübertragung von Zoodt nach Hermannstadt entstand.

Auch die Bürgermeister von Bozen und Meran besuchten Frankfurt, und die spätere Errichtung der Etschwerke, welche den Strom mit 10 000 V Spannung über nahezu 40 km bis Bozen übertragen, ist eine Folge der in Frankfurt gemachten Erfahrungen.

14 Tage nach der Eröffnung des Betriebes der Kraftübertragung kam nachts 11 Uhr ein Amerikaner auf mein Büro. Es war der Manager von der Chicagoer Weltausstellung, die, glaube ich, 1893 stattfand, und sagte, er müsse mich in einer sehr wichtigen Frage sprechen und meine Ansicht hören. Die Chicagoer Ausstellung wollte einen Clou machen, und man hätte deshalb zuerst beschlossen, einen Turm hinzustellen, der noch um 50 m höher sein solle als der Eiffelturm. Jetzt aber möchte man statt dieses Eiffelturmes eine Kraftübertragung machen, die nochmal so lang sei als die von Lauffen nach Frankfurt, und ich sollte sagen, was ich dazu dächte. Nun, ich erklärte ihm, eigentlich sei ja das Problem der Kraftübertragung mit hohen Spannungen bereits zu einem gewissen Abschluß gekommen. Aber es gäbe andere große Probleme, die noch nicht abgeschlossen seien und die für Amerika sehr gut passen würden. Ich schlug ihm daher vor, zwischen Chicago und St. Louis eine elektrische Schnellbahn zu bauen, die erste elektrische Schnellbahn und Vollbahn, die existieren würde. Er war davon begeistert, und die Vorbereitungen hierzu konnten gleich am nächsten Tage in Frankfurt getroffen werden, denn es waren damals Werner Siemens, Emil Rathenau, dann Villard, der Erbauer der Northern Pacific-Bahn, der Manager und ich da, und in der großen Restauration hatten wir bereits ausgemacht, wie diese erste große elektrische Fernbahn gebaut und betrieben werden sollte. Sehr unangenehme mißliche Erscheinungen haben dann die Ausführung dieses Versuches verhindert.

Aber die Amerikaner waren von der Kraftübertragung so begeistert, daß sie bald Versuche mit 50 000 V

machten. Diese Versuche wurden weiter fortgesetzt, und es gelang ihnen auch, in neuerer Zeit die Spannung bis auf 100 000 und 220 000 V zu steigern.

In Deutschland erfolgte die erste Übertragung mit 50 000 V Drehstrom im Jahre 1905 vom Uppenbornwerk nach München über 53 km Entfernung.

Dann kam im Jahre 1912 die erste 100 000 V-Leitung in Deutschland, die zwischen dem Eisenwerk Lauchhammer und den Fabriken in Gröditz und Riesa über eine Entfernung von 50 km durch Fischinger und Krumbiegel ausgeführt wurde. 100 000 V-Leitungen wurden auch benutzt zu der von den Elektrowerken im Jahre 1918 errichteten Kraftübertragung von den Braunkohlenzentralen in Bitterfeld nach Berlin zur Ausnutzung der dortigen Braunkohlenvorkommen.

Dann wurden sie auch benutzt für die Bayernwerk-Ringleitung. Dabei darf man sich nun nicht vorstellen, daß man nur einen 100 000 V-Transformator und Isolatoren, die 100 000 V aushalten, gebraucht hätte, und damit wäre die Sache geschafft gewesen. Als wir die Bayernwerk-Leitung ziehen wollten, stiegen große Bedenken über die Sicherheit der Leitung, über die Regelung des Stromes auf. Wir hatten die ersten Sachverständigen eingeladen, um uns über diese schwierige Frage zu beraten. Da war es namentlich Ihr Vorsitzender, Prof. Petersen, der uns durch seine Spulen, durch seine Reguliermethoden unterstützt hat, damit das Bayernwerk auch wirklich funktionierte. Versuche mit noch höheren Spannungen wurden von dem Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerk unter der Leitung von Köpchen angestellt. Sie führten in den 20er Jahren, um 1922 herum, Übertragungen mit Spannungen von 220 000 V zwischen Ronsdorf und Letmathe aus, und in der letzten Zeit haben sie von Vorarlberg bis Köln eine Leitung verlegt, die künftig mit 380 000 V betrieben werden kann, um die Vorarlberger Wasserkräfte über eine Strecke von etwa 700 km mit einer Leistung bis zu 1 000 000 kW zu übertragen.

Nicht nur mit Freileitungen ist es gelungen, höchste Spannungen zu beherrschen, sondern auch im Bau von Leitungskabeln, welche man sich bis zur Jahrhundertwende nicht über 10 000 V zu betreiben getraute, sind gewaltige Fortschritte erzielt worden, so daß zur Zeit Kabel mit Spannungen bis zu 130 000 V in dauerndem Betriebe sind, darunter in Deutschland ein 100 kV-Kabel in Nürnberg, mit welchem die an einem Ende der Stadt anfallende Energiemenge nach den am anderen Ende der Stadt konzentrierten Fabriken geleitet wird.

Damit ist die Frage der Kraftübertragung auf weite Entfernungen gelöst. Das, was in Miesbach, was in Lauffen noch ein Problem war, ist jetzt kein Problem mehr. Es ist jedem Techniker eine selbstverständliche Tatsache, daß es möglich ist, praktisch unbegrenzte Energiemengen über weite Entfernungen zu übertragen. Es ist Sache einer technischen Berechnung, und Dr. Oliven hat recht, wenn er behauptet, daß elektrische Energie über ganz Europa auf Leitungen von 380 000 V Spannung von Oslo bis Rom und von Lissabon bis Rostow am Don, vom äußersten Norden bis zum äußersten Süden, vom äußersten Osten bis zum äußersten Westen Europas übertragen werden kann, wenn auch noch manche technischen Schwierigkeiten und noch größere politische und wirtschaftliche Schwierigkeiten zu überwinden sind.

Ebenso wie die Kraftübertragung war auch die Energieverteilung, die ja auch von der Höhe der Elektrizitätspannung sehr abhängig ist, sehr wichtig. Die ersten Energieverteilungs-Anlagen waren die Leitungsnetze städtischer Elektrizitätswerke, z. B. in der Pearl Street in New York und in der Markgrafenstraße in Berlin. Ihre Spannung war abhängig von den Verbrauchsapparaten, das waren in erster Linie die Glühlampen. Da diese nur eine Spannung von 100 V vertragen konnten, die Glühlampenbeleuchtung aber der Hauptkonsument war, waren die ersten Leitungsnetze, z. B. in Berlin, auf diese Spannung für die Verteilung von Elektrizitätswerken aus beschränkt. Der Aktionsradius betrug hierbei nur einige hundert Meter, so daß neben der ersten Zentrale in der Markgrafenstraße nur 600 m entfernt in der Mauerstraße eine zweite errichtet werden mußte. Einen ersten Fortschritt brachte die Erfindung des Dreileitersystems durch Hopkinson in der Weise, daß man immer zwei Lampen und zwei Maschinen hintereinander schaltete und eine Ausgleichsleitung dazwischen anordnete. Das gab die Möglichkeit, mit den gleichen Kosten eine doppelt so lange Leitung zu machen, so daß die dritte Station Berlins in der Spandauer Straße bereits in 1200 m Entfernung zu stehen kam, und das war damals immerhin schon viel. In Königsberg versuchte man dann das Fünfleitersystem, indem man vier Lampengruppen und vier Maschinen hintereinander schaltete. Aber die Stromleitung, die Regelung, die Kabelverbindungen und die Aufteilung der Lampen auf die einzelnen Stromkreise waren schließlich so schwierig und umständlich, daß dieses System nicht mehr weiter zur Geltung kam.

Es war sehr mißlich, daß man die Elektrizitätswerke, die Dampfstationen, in der Stadt gerade da aufstellen mußte, wo infolge der stärksten Bebauungsdichte der geringste Platz für sie vorhanden war, wie z. B. in der Spandauer Straße. Man mußte die Maschinen hinunter in den Keller stellen, über den Maschinen stellte man die Kessel auf usw. Denken Sie nur an die Umständlichkeit der Kohlenanfuhr an diese zahlreichen Stationen, die Schwierigkeiten der Kondensationswasser-Beschaffung.

Man ist dann auf den Ausweg verfallen, die Aktionsradien der Elektrizitätswerke durch die Anordnung von Unterstationen mit Umformern und Akkumulatoren zu vergrößern, wie sie z. B. in Berlin, in Kassel usw. bestanden und in manchen großen Gleichstromwerken, wie z. B. in München, zum Teil heute noch verwendet werden. Einen wesentlichen Fortschritt bedeutete auch für die Kraftverteilung die Erfindung des Wechselstromsystems mit Transformatoren, welche den in der Zentralstation erzeugten Strom auf eine genügend hohe Verteilungspannung brachten und an den Abnahmestellen auf die niedrige Verbrauchsspannung herabtransformierten. Dieses System gestattete die Versorgung mancher Städte von einer Zentrale aus, die nunmehr an einem besonders günstigen Platz mit ausreichend großem Grundstück, bequemer Wasser- und Kohlenbeschaffung errichtet werden konnte. Damit schien die Stromverteilung innerhalb größerer Städte gelöst. Die Firma Ganz & Cie. baute Wechselstromzentralen in Mailand, dann in Rom und in Köln.

Die Städte, die ein Elektrizitätswerk bauen wollten, mußten nun wählen zwischen dem Gleichstromsystem und dem Wechselstromsystem. Die Kostenberechnungen fielen sehr verschieden aus, je nachdem die Berechnung von einem Vertreter des Gleichstroms oder Wechselstroms aufgestellt war. Es bildete sich, bedingt durch Fabrikationsinteressen der verschiedenen Firmen, eine Gleichstrom- und eine Wechselstrompartei, die sich gegenseitig heftig bekämpften. Die Gleichstrompartei erklärte es als einen Nachteil des Wechselstroms, daß das Bogenlicht bewegte Gegenstände in Einzelbilder auflöse. Uppenborn pflegte als Beweis unterhalb einer Wechselstrombogenlampe einen Spazierstock rasch hin und her zu schwingen und die Beobachter merkten erstaunt, daß sich das Bild einer Reihe von Stöcken ergab. Worin der Nachteil liegen sollte, habe ich meinerseits nie herausgebracht. Die Wechselstromleute erkannten diesen Nachteil nicht an, indem sie behaupteten, daß man künftig Wechselstrombogenlampen überhaupt nur auf Straßen haben werde, daß man aber die Innenräume, auch wenn es Säle seien, mit Glühlicht beleuchten würde, und da wäre der Wechselstrom so gut wie der Gleichstrom.

Wichtiger waren ja die Einwände, daß man mit Wechselstrom damals zunächst keine Motoren betreiben konnte, und daß auch die Wechselstrommotoren später nach Überwindung der verschiedenen Schwierigkeiten den Gleichstrommotoren erheblich nachstanden. Die Wechselstromverfechter halfen sich damit, daß sie sagten: Elektromotoren sind ja überhaupt nicht nötig. In den großen Städten hat man Gasmotoren, die sind ja viel billiger als Elektromotoren, und in kleinen Orten brauche man ja keine Motoren. Eingewendet wurde auch, daß in jedem Hause ein Transformator aufgestellt werden mußte, dessen Geräusch störend empfunden wurde, und daß man keine Akkumulatoren zur Aufspeicherung der Energie verwenden konnte.

Demgegenüber behauptete die Wechselstrompartei, daß man bei Verwendung von Gleichstrom für eine Stadt wie Berlin Hunderte von Zentralen brauche, die auf teuren und engsten Plätzen, die Kessel über den Maschinen, errichtet werden müßten, und daß die als Ersatz dienenden Unterstationen keinen Wert hätten, weil der Betrieb mit Akkumulatoren zu kompliziert und ihre Lebensdauer zu kurz sei. Die Vorteile der Gleichstrommotoren wurden nicht als ausschlaggebend anerkannt. Als ich in Fürstenfeldbruck für eine Schreinerei einen fünfpferdigen Motor aufstellte, wurde ich verhöhnt mit der Bemerkung: der Herr von Miller empfiehlt Handwerkern, die kaum genug Arbeit für zwei Gesellen haben, einen Motor mit fünf Pferdestärken, damit sie noch weniger zu tun haben. In Wirklichkeit wurde dieser Schreinereibetrieb so verbilligt, daß der Fürstenfeldbrucker Schreiner auch Bestellungen von München erhielt.

Einen anderen Einwand der Wechselstromleute habe ich schon erwähnt: Wie wollen Sie denn eine Stadt wie

Berlin mit Elektrizität versorgen? Da brauchen Sie ja einige hundert Elektrizitätswerke oder Unterstationen. Die Berliner Gleichstrompartei erklärte darauf: „Es wird doch niemand die Vororte einer Großstadt mit Elektrizität versorgen, dort hat ja die Elektrizität gar keinen Wert. Sie ist doch nur wertvoll in den Teilen der Stadt, wo reiche Läden, wo Restaurationen u. dgl. sind; die Wohnungsinhaber nehmen doch keine Elektrizität ab. Wenn es Sie heute wundert, daß man noch damals ein solches Argument anführen konnte, so möchte ich Ihnen nur erzählen, daß noch im Jahre 1893, als ich das Elektrizitätswerk Wiesbaden baute, mir von allen Leuten gesagt wurde: ein Hotel wird sich niemals an ein Elektrizitätswerk anschließen, denn die Kerzen sind ja die ergiebigste Einnahmequelle der Hotels, für die sie das so gefürchtete Bougie verrechnen konnten; darauf können die Hotels nicht verzichten. Nichtsdestoweniger folgten den ersten Wechselstromzentralen in Mailand und Rom alsbald auch verschiedene Werke in Deutschland, darunter als eines der bedeutendsten die Zentrale in Köln, woselbst die damalige Vertreterin des Systems, die Firma Helios, ihren Sitz hatte.

Sehr große Kämpfe entwickelten sich auch um die Errichtung der Frankfurter Zentrale. Da kam Leopold Sonnemann auf die Idee, den Streit der Systeme durch praktische Vorführungen auf der Frankfurter Elektrizitäts-Ausstellung zu entscheiden. Die Ausstellung brachte die gewünschte Klärung. Die Schwierigkeit der Wechselstrommotoren wurde gelöst durch die Erfindung des Drehstroms, der sich zum Antrieb von Maschinen zum Teil sogar besser als der Gleichstrom eignete. Eine Belästigung durch den Lärm der Transformatoren kam nicht mehr in Frage, seitdem ich die erste Drehstromzentrale in Heilbronn dem Betrieb übergab, bei welcher an Stelle der vielen kleinen bei den Konsumenten in den Häusern untergebrachten Transformatoren wenige größere Transformatoren in den Anschlagsäulen der Straßen aufgestellt und durch ein geschlossenes Niederspannungsnetz miteinander verbunden wurden. An die Stelle erbitterter Gegnerschaft trat nunmehr sachliche Überlegung. Die Vorteile beider Systeme wurden anerkannt, die Wirtschaftlichkeitsberechnungen wurden in unparteiischer Weise aufgestellt, für Frankfurt hatte ich zusammen mit Lindley verschiedene Projekte auf gleicher Grundlage durchgerechnet und auf Grund dieser Berechnungen den Bau einer Wechselstromzentrale empfohlen. Andere Werke folgten, darunter Nürnberg, Dresden usw. mit Wechselstrom; Straßburg, Magdeburg und viele andere mit Drehstrom.

Mit der Verwendung des Wechsel- und Drehstroms mit höherer Spannung war nun aber nicht nur die Frage gelöst, wie man große Städte von einer Zentrale aus mit Elektrizität versorgt, sondern man erkannte sehr bald, daß man auch imstande sei, eine Anzahl kleinerer Städte und Gemeinden, deren Einzelversorgung unrentabel gewesen wäre, zusammenzuschließen und für die hierdurch geschaffenen größeren Konsumgebiete wirtschaftlich arbeitende Elektrizitätswerke zu errichten. So entstanden die sogenannten Überlandwerke. Das erste Überlandwerk wurde in Rheinfelden gebaut, dann kamen größere Überlandwerkgruppen, in Oberschlesien, in Pommern, in Bayern, in Baden usw.

Die Überlandwerke litten allerdings unter der Schwierigkeit, daß für ihre Errichtung sehr häufig nicht technische Gesichtspunkte maßgeblich waren. Ihr Gebietsumfang bestimmte sich nicht so sehr nach der Leistungsfähigkeit der Kraftwerke als vielmehr nach den zufällig gegebenen politischen Grenzen eines Kreises oder einer Provinz, deren Behörde über die Konzessionserteilung zu bestimmen hatte. Die benutzten Stromquellen mußten fast ausnahmslos innerhalb des Versorgungsgebietes liegen, weil die Nachbarbezirke die Durchleitung von Strom verwehrten, zum Teil sogar auf Grund fehlerhafter Konzessionsbestimmungen verwehren mußten. Diese Schwierigkeiten zu beseitigen war sehr schwer. So entstanden vielfach Überlandwerke, die nicht nach günstigsten technischen und wirtschaftlichen Bedingungen errichtet waren, und die in ihren Ausdehnungsbestrebungen nicht selten miteinander in Konflikt kamen. Man war sich dessen bewußt, daß durch Zusammenschlüsse Vorteile erzielt werden müßten, doch verhinderten häufig die bestehenden Organisationen eine richtige Lösung, und die Vorteile mußten schon sehr bedeutend sein, wenn trotz der bestehenden Sonderinteressen ein Gesamtunternehmen entstehen sollte. Man mußte den Unternehmungen immer wieder besondere Vorteile bieten.

Ich versuchte nun, eine der besten Wasserkräfte, die es gibt, die Walchensee-Wasserkraft, durch die Schaffung einer Ringleitung durch ganz Bayern auszunutzen. Es bestanden in Bayern etwa 12 größere Überlandwerke, als ich den Versuch eines Zusammenschlusses durch das Bayernwerk machte. Der große Vorteil, der damals geboten werden konnte, war eben die Ausnutzung der außergewöhnlich günstigen Walchenseekraft, deren Strom so billig war, daß dessen Verteilung über das gesamte rechtsrheinische Bayern allen Beteiligten Vorteile bieten konnte. Ein weiterer Vorteil bestand in dem Ausgleich der im Süden gelegenen Wasserkräfte mit den im Norden Bayerns befindlichen Dampfzentralen sowie in der Möglichkeit, Überschußströme in die gemeinsame Sammelschiene abzugeben. Die Ausführung des Bayernwerkes wurde auch dadurch erleichtert, daß die bereits bestehenden Kraftwerke und Überlandzentralen als solche erhalten blieben und gegenüber der Landessammelschiene lediglich als Stromlieferant und Stromabnehmer auftreten konnten. Sie hatten nur ihren Strombedarf aus der Ringleitung zu entnehmen oder ihren Überschußstrom in die Ringleitung zu senden. Das war den Direktoren der Elektrizitätswerke erwünscht, und so entstand der Zusammenschluß im Bayernwerk.

Ähnliche Zusammenschlüsse erfolgten auch in anderen Teilen Deutschlands, wie in Sachsen, in Thüringen, in Baden, in Württemberg sowie in verschiedenen preußischen Provinzen. Die großartigsten Zusammenschlüsse bewerkstelligte das Rheinisch-Westfälische Elektrizitätswerk, indem es im Rheinland allmählich, teils durch einfache Stromlieferung, teils durch Verschmelzung eine einheitliche Stromversorgung für eine Zentralenleistung von etwa 1½ Millionen Kilowatt mit einer Jahresstrommenge von jetzt nahezu 4 Milliarden Kilowattstunden zustande brachte.

Zusammenschluß war immer das Bestreben der Elektrotechniker. Die wirtschaftlichen Erfolge dieser Zusammenschlüsse waren so klar erkennbar, daß allgemach der Wunsch entstand, sie nach Möglichkeit zu fördern. So glaubte man auch nach Kriegsende unter dem Einfluß der Revolution die notwendigen Zusammenschlüsse durch gesetzliche Bestimmungen erzwingen zu können. So wurde der Nationalversammlung in Weimar ein vom Reichsschatzministerium ausgearbeiteter Gesetzentwurf unterbreitet, nach dem eine Sozialisierung der Elektrizitätswirtschaft angestrebt wurde. Die Elektrizitätswerke sollten alle expropriiert und in eine Nationalversorgung umgewandelt werden, wovon auch die Provinzen und Länder nicht frei geblieben wären. Bei den Beratungen dieses Entwurfes in der Nationalversammlung zu Weimar habe ich mich bemüht, die Härten des Gesetzes wesentlich zu mildern. Es ist bekannt, daß das Gesetz mit einigen Erleichterungen zwar erlassen, aber niemals in Wirksamkeit getreten ist. Die einzige Folge dieses Gesetzes war die Einsetzung eines Elektrizitätsbeirates, der bei der Gesetzgebung zugezogen werden sollte und die Ausführungsbestimmungen zu dem Rahmengesetz beraten sollte. Auch diesem Beirat gelang es nicht, ein Gesetz zu schaffen, das allgemeinen Beifall fand, denn es zeigte sich, daß die Ansichten über die etwa erforderlichen Bestimmungen weit auseinander gingen. Ich wies deshalb darauf hin, daß alle Beratungen nutzlos sein würden, bevor man nicht einen Plan für die zukünftige Organisation der Reichselektrizitätsversorgung habe. Man kann eben kein Gesetz schaffen, wenn man nicht weiß, was es denn eigentlich bezwecken soll.

Vom Reichswirtschaftsministerium wurde ich dann mit der Aufstellung eines Gutachtens betraut, das ich auch erstattet habe. Ich habe zunächst versucht, die wichtigste Grundlage, die Größe und Verteilung des künftigen Strombedarfes festzustellen.

Das Verfahren der früheren Schätzung, einfach von dem gegenwärtigen Konsum auszugehen und für die Zukunft das Dreifache oder Zweieinhalbfache in Rechnung zu stellen, ist ja nicht haltbar, denn die Zunahme ist ja in den verschiedenen Teilen des Reiches eine ganz verschiedene; da gibt es keine einheitlichen Prozentsätze. Und die Zunahme ist auch ganz verschieden, je nach dem Zweck, dem die Elektrizität dient: ob sie für Zwecke der Beleuchtung, des Hauswesens, der Industrie, der Landwirtschaft oder der Reichsbahn verwendet wird. Ich habe deshalb für jede einzelne Aufgabe: für die Beleuchtung, für das Hauswesen, für die Landwirtschaft, für die Industrie — und hier wieder je nach der Art der Industrie und je nach der Zahl der Arbeiter getrennt — Konsumberechnungen aufgestellt.

Wenn die fertig waren, dann galt es, nun ohne Rücksicht auf irgendwelche Sonderinteressen Energiequellen dafür zu finden, entweder bei unseren großen Wasserkräften oder bei unseren Kohlenvorkommen. Das war nicht sehr schwierig, denn Gott sei Dank verfügen wir im Deutschen Reich über so viele Energiequellen, daß wir auch den größten Bedarf an Elektrizität noch decken kön-

nen. Es wurden dann die Leitungen gezogen, die Spannungen bestimmt. Das ist natürlich die weitaus leichteste Aufgabe gewesen und auch eine Aufgabe, deren Resultat man immer recht leicht noch ändern kann, je nachdem die lokalen Verhältnisse eine andere Leitungsverlegung oder eine andere Spannung erfordern.

Die Schwierigkeit einer solchen großen Elektrizitätsversorgung besteht hauptsächlich darin, daß es Gebiete gibt, die wirtschaftlich sehr vorteilhaft sind, weil sie einen sehr dichten, einen sehr großen Konsum haben, und daß es anderseits Gebiete gibt, für die zwar der elektrische Strom für die Bevölkerung sehr nötig ist, die aber keinen so starken Konsum haben können; hie Industriegebiete, hie landwirtschaftliche Gebiete. Das war die größte und schwierigste Aufgabe auch bei der Errichtung des Bayernwerkes.

In den Industriekreisen Nürnbergs wollte man und hat dafür gekämpft, daß die Walchenseekraft direkt nach Nürnberg geführt wird, was sicherlich die rentabelste Lösung gewesen wäre, aber in Oberbayern, in Oberfranken usw. da sitzt die Landwirtschaft und das Kleingewerbe, die sich selbst keine Elektrizitätswerke bauen konnten, die aber Strom brauchten und ihn auch bekommen mußten, selbst wenn ein kleiner Verlust dabei entstand oder ein geringerer Profit für die Stromunternehmungen verblieb, und wir haben es durchgesetzt. In Bayern ist die Leitung nach allen Provinzen hin verlegt worden.

Es ist nicht zu befürchten, daß ähnliche Schwierigkeiten auch bei der künftigen Zusammenfassung der deutschen Elektrizitätswirtschaft auftreten werden, denn was vor 10 Jahren durch gesetzliche Maßnahmen erreicht und durch mein Gutachten vorbereitet und begünstigt werden sollte, der Zusammenschluß der verschiedenen Elektrizitäts-Unternehmungen im Deutschen Reich, ist bereits erfolgt.

Die großen Gesellschaften, die sich im Westen und Osten, im Norden und Süden des Reiches gebildet hatten, haben sich zu einer Aktiengesellschaft für Deutsche Elektrizitätswirtschaft vereinigt, und für diese Gesellschaft werden die technischen und organisatorischen Aufgaben der künftigen Stromversorgung kein Hindernis mehr bilden. Eine Schwierigkeit bildet nur, wie auf allen Gebieten, auch auf dem der Elektrizitätsversorgung die allgemeine Wirtschaftslage der Welt.

Die Frage, wie man den Überschuß der Landwirtschaft zu den hungrigen Menschen bringen kann, wie man die kostbarste Kraft, die unbeschäftigte Menschenkraft, verwendet, um Produkte herzustellen, um Bauten zu errichten, die die Menschheit so nötig braucht, ist die gleiche Frage wie in der Elektrizitätswirtschaft, nämlich wie man den auf der einen Seite überschüssigen Strom an die Stellen bringt, wo Bedarf an elektrischer Energie vorhanden ist. Diese allgemein schwierige Frage muß gelöst werden und wird gelöst werden. Ist sie gelöst, dann werden auch die Ziele erreicht sein, die ich im Auge hatte, als ich bei der Durchführung der Frankfurter Kraftübertragung darauf hinwies, daß nunmehr die Mittel gegeben seien, von großen günstigen Energiequellen den elektrischen Strom über ganze Länder zu verteilen, damit im ganzen Deutschen Reich alle Städte und Gemeinden, alle Fabriken und Werkstätten, jedes Haus und jede Hütte mit billigem elektrischen Strom versorgt werden können.

Grenzleistung des Kathodenoszillographen*.

Von **W. Rogowski**, Aachen.

Übersicht. Der Leistung des Aachener Kathodenoszillographen wird eine Grenze nicht durch die Schwärzungsintensität, sondern nur durch die endliche Geschwindigkeit der Elektronen gesetzt. Die Schwärzungsintensität reicht noch für Schreibgeschwindigkeiten aus, die weit oberhalb von 63 000 km/s liegen. Es wird nachgewiesen, daß die milliardstel Sekunde bereits vor mehr als zwei Jahren durch Außenaufnahmen festgehalten wurde. Es wird über Fluoreszenzlicht im Kathodenoszillographen von 47 Hefnerkerzen berichtet. Es werden Kunstgriffe angegeben, die bei einem abgeschmolzenen Braunschen Rohr trotz hoher Intensität genügende Lebensdauer gewährleisten. Einige neuerdings aufgetauchte Einwände werden widerlegt.

Aus dem Aachener Elektrotechnischen Institut sind u. a. zwei kathodenoszillographische Kunstgriffe hervorgegangen: die Vorkonzentrierungspule und die Strahlsperrung[1].

Vorkonzentrierung. Gehen Kathodenstrahlen unter einem nicht zu großen Winkel von einem Punkte A aus, so können sie durch das magnetische Feld einer stromdurchflossenen Spule B (Konzentrierungspule) wieder in einem Punkte C vereinigt werden (Abb. 1). Von dieser Erkenntnis hat man schon lange Gebrauch gemacht, um bei den Braunschen Röhren einen scharfen Schreibfleck auf dem Fluoreszenzschirm zu erzielen[2].

Erst in der Arbeit von Rogowski, Flegler u. Tamm 1927[3] wird die Konzentrierungspule benutzt, um die von der Kathode kegelförmig ausgehenden Elektronen wieder in der Öffnung der Blende zu einem festen Punkte zu vereinigen (Abb. 2).

Mit der Vorkonzentrierungspule gelingt es nunmehr, praktisch alle der Kathode entstammenden Elektronen durch die Öffnung der Blende und nach einer abermaligen Konzentrierung (vgl. Abb. 2) auf den Fluoreszenzschirm zu bringen[4] und dort zur Niederschrift zu verwenden. Ohne Vorkonzentrierungspule kann je nach den Verhältnissen, die unmittelbar aus der Figur abzulesen sind, ein unter Umständen recht großer Teil der Elektronen nutzlos seinen Weg an dem Metall der Blende beenden.

Abb. 1. Wirkungsweise der Konzentrierungspule; schematisch.

Abb. 2. Vor- und Hauptkonzentrierung.

Strahlsperrung. Die Zeit, in der der Kathodenoszillograph schreiben soll, ist recht beträchtlichen Schwankungen unterworfen. Sie kann lang sein, sie kann aber auch unter Umständen auf eine millionstel Sekunde heruntergehen, ja sie kann sogar zu wesentlich kürzerer Zeit zusammenschrumpfen. Bei solch kurzen Schreibzeiten muß man dafür sorgen, daß vor und nach erfolgter

---

* Eingeg. am 20. III. 1931. Erweiterter Bericht über folgende Arbeiten: Rogowski, Flegler u. Buß, Die Leistungsgrenze des Kathodenoszillographen, Arch. El. Bd. 24, S. 563 (1930). Rogowski u. Rühlemann, Das Braunsche Rohr als Lichtquelle, Arch. El. Bd. 24, S. 691 (1930). Rogowski u. Szeghö, Ein abgeschmolzenes Braunsches Rohr hoher Leistung, Arch. El. Bd. 24, S. 899 (1930). Buß u. Pernick, Kathodenoszillographische Außenaufnahmen extrem rasch verlaufender Vorgänge mit Linse und Kamera, Arch. El. Bd. 25, S. 545 (1931).

[1] Diese Arbeiten wurden von der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft unterstützt.

[2] Eine spätere dankenswerte Arbeit von H. Busch (Ann. Phys. Bd. 81, S. 974 [1926] sowie Arch. El. Bd. 18, S. 583 [1927]) befaßt sich mit der Frage, wie sich die Wiedervereinigung bei kurzer Konzentrierungspule gestaltet, wenn die Elektronen nicht, wie oben angenommen, von einem Punkt, sondern von einer kleinen Fläche f ausgehen. Alsdann ist zunächst die Wiedervereinigung zu einem Punkte ausgeschlossen. Bestenfalls kann die Größe F der Wiedervereinigungsfläche betragen: $F = f \cdot \frac{a^2}{b^2}$ (a Abstand der Fläche F, b Abstand der Fläche f von der als sehr kurz vorausgesetzten Konzentrierungspule; Linsengesetz von Busch). Die Wirkungsweise der Konzentrierungspule ist indes unmittelbar aus der älteren Erfahrung zu verstehen und gilt bei praktisch beliebiger Länge der Konzentrierungspule.

[3] Arch. El. Bd. 18, S. 513 (1927).

[4] Die Vorkonzentrierungspule findet sich 1927 bei Rogowski, Flegler u. Tamm, 1930 bei Ackermann, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 49, S. 286 anläßlich der Beschreibung des Norinderschen Oszillographen; 1930 im Aufsatz Norinder, Z. Phys. Bd. 63, S. 675 beim Bild des Oszillographen der Westinghouse-Gesellschaft.

Niederschrift weder der Elektronenstrahl selbst noch seine Streustrahlen den Fluoreszenzschirm oder die photographische Platte erreichen können, denn die Einwirkung auf die photographische Platte hängt von Intensität und Zeit in Form eines Produktes ab. Man muß also vermeiden, daß die kleinere Intensität der Streustrahlen infolge ihrer längeren Einwirkung (schreiblose Zeitdauer) dieselbe oder gar größere Bedeutung für die photographische Platte erreicht als die hohe Stärke, aber nur kurze Dauer der Schriftintensität.

Es kommt noch ein weiterer wichtiger Gesichtspunkt hinzu. Wenn man eine geradezu ideale Betriebsbereitschaft erzielen will, muß man den Elektronenstrahl wenigstens im Entladungsrohr dauernd in Bereitschaft halten. Überstrahlungsfreiheit der Platte kann man unter diesen Umständen nur dann erzielen, wenn man den Elektronenstrahl mitsamt seinen Streustrahlen in den schreiblosen Zeiten vor Eintritt in die Schreibkammer vernichtet (Sperrung). Diese Sperrung kann mechanisch geschehen, indem die Öffnung der Blende im allgemeinen durch ein Metallstück (Schieber) geschlossen und nur während der Schreibzeit freigegeben wird (Abb. 3).

Abb. 3. Strahlsperrung durch Schieberblende.

Abb. 4. Strahlsperrung durch Sperrkammer und Sperrfeld.

Sie kann aber auch elektrisch bzw. magnetisch erfolgen, indem beispielsweise der Strahl vor und nach der Niederschrift durch ein Sperrfeld in eine genügend geschlossene Kammer geleitet wird, wo er sich mitsamt seinen Streustrahlen totläuft[5] (Abb. 4). In den Zeiten, in denen geschrieben wird, bricht das gezeichnete Sperrfeld zusammen, und der Strahl geht in voller Größe ungehindert in die Schreibkammer[6].

Wo liegt nun die Grenze der Leistungsfähigkeit eines mit Vorkonzentrierung und Strahlsperrung ausgerüsteten Kathodenoszillographen? Um diese Frage zu entscheiden, wurde bei einer Doppelleitung eine Funkenstrecke im Abstand von 10 cm vom Leitungsende eingebaut (Abb. 5)

Abb. 5. Schaltung zur Erzeugung sehr rascher Schwingungen von rd. 10[9] Hz.

Die Schwingungsablenkplatten des Kathodenoszillographen bildeten den Leitungsabschluß[7]. Auf diese Wanderwellenleitung wurde eine Stoßwelle geschaltet. Was erwartet man? Die Stoßwelle lädt das Ende der Leitung auf; hat die Spannung eine genügende Höhe erreicht, so spricht die Funkenstrecke an. Das kurze Leitungsstück, bestehend aus Ablenkplatten und Funkenstrecke, schwingt mit einer sehr hohen Frequenz aus. Als unterer Grenzwert ergibt sich für die Wellenlänge der angestoßenen Schwingung ein Wert von 60 cm. In Wirklichkeit lag sie nach den kathodenoszillographischen Untersuchungen wesentlich höher, bei rd. 2,8 m; dies liegt an der erheblichen Platten- und Erdkapazität des Oszillographen.

Abb. 6 zeigt die Schwingung bei niedriger, Abb. 7 bei höherer Spannung. Die maximale Amplitude in Abb. 7 ist nicht unmittelbar dem Oszillogramm zu entnehmen, doch ergibt sich aus der Extrapolation der aus der Aufnahme unmittelbar zu entnehmenden Dämpfung (wenn man sehr niedrig schätzt) eine Höhe von 13 cm. Der wahrscheinliche Wert beträgt 20 cm.

Abb. 6. Zeitlicher Verlauf der Schwingung bei kleiner Schaltspannung Maximale Schreibgeschwindigkeit 31 000 km/s; rd. 10[9] Hz.

Aus der Aufnahme Abb. 6 leitet man leicht her, daß die Geschwindigkeit, mit der maximal der Elektronenstrahl über den photographischen Film gestrichen ist (Nulldurchgang der ersten Schwingung), rd. 31 000 km/s (1/10 Lichtgeschwindigkeit) betrug. Bei Abb. 7 liegt die maximale Schreibgeschwindigkeit bei sehr vorsichtiger Schätzung bei 63 000 km/s; der wahrscheinliche Wert beträgt 100 000 km/s, also rd. ⅓ Lichtgeschwindigkeit. Wie Abb. 7 zeigt, ist eine Grenze der Schwärzungsintensität

Abb. 7. Schwingung bei großer Schaltspannung. Maximale Schreibgeschwindigkeit mindestens 63 000 km/s; rd. 10[9] Hz.

auch bei diesen hohen Schreibgeschwindigkeiten (Abb. 6 und 7 zeigen die höchsten bisher überhaupt erzielten Schreibgeschwindigkeiten) immer noch nicht erreicht[8].

Wenn auch das Experiment bei den höchsten Schreibgeschwindigkeiten eine Leistungsgrenze infolge Schwärzungsintensität nicht hat nachweisen können, so läßt doch die Theorie eine natürliche Grenze für unverzerrte Wiedergabe (beim Kathodenoszillographen) voraussehen.

Bekanntlich behauptet die Relativitätstheorie, daß sich Elektronen nicht rascher als mit Lichtgeschwindig-

[5] Vgl. Rogowski, Flegler u. Tamm, Arch. El. Bd. 18, S. 513 (1927).

[6] Später hat Berger (Bull. SEV Bd. 19, S. 301 [1928]) für die von uns angegebene Strahlsperrung eine recht bemerkenswerte Sonderausführung gegeben.

[7] Rogowski, Flegler u. Buß, Arch. El. Bd. 24, S. 563 (1930).

[8] Man beachte, daß bei der Außenaufnahme handelsüblicher Film benutzt wurde. Anodenstromstärke 0,1 mA. Spannung rd. 50 000 V. Erwähnt sei noch als Kuriosum, daß die bezogene Schreibgeschwindigkeit Knolls, die nicht nur die Schreibgeschwindigkeit, sondern auch die Auswertbarkeit des geschriebenen Kurvenzuges zum Ausdruck bringen will (Z. techn. Phys. Bd. 12, S. 54 [1931]), bei Abb. 7 etwa 1 Mill km/s beträgt.

keit bewegen können. Elektronen von Lichtgeschwindigkeit müssen eine unendlich hohe Spannung durchfallen haben. Bei normalen Beschleunigungsspannungen wird man etwa ⅓ Lichtgeschwindigkeit bereits als hoch ansehen. Nun braucht das Elektron zum Durchfliegen des elektrischen Feldes zwischen den Ablenkplatten eine gewisse Durchflugzeit; bei 1 cm Länge der Platten und bei ⅓ Lichtgeschwindigkeit der Elektronen beträgt sie 10^{-10} s. Vorgänge, die rasch gegen 10^{-10} s verlaufen, werden somit vollkommen verzerrt wiedergegeben. Der Kathodenoszillograph, der bisher vielfach als trägheitsloser Wellenschreiber bezeichnet wurde, arbeitet bei solch kurzen Zeiten eben nicht mehr trägheitslos. Verzerrungsfreiheit in der Niederschrift kann nur dann vorliegen, wenn sich die zu untersuchenden Vorgänge nur wenig in der Durchflugzeit ändern. Bei den üblichen Abmessungen, Länge der Ablenkplatten 1 ... 10 cm, liegt somit die Grenze der unverzerrten Wiedergabe des Kathodenoszillographen bei Vorgängen von 10^{-9} ... 10^{-10} s. Nach Abb. 7 stehen hierfür mindestens 63 bzw. 6,3 mm Schreibweg zur Verfügung.

Mit der Vorkonzentrierungspule und Strahlsperrung kann man daher jedes Problem bewältigen, für das der Kathodenoszillograph seiner Natur nach in Betracht kommt.

Der Nutzen der Vorkonzentrierungspule geht auch aus folgendem Versuch hervor[9]. Die Stärke des Fluoreszenzlichtes, das die alten Braunschen Röhren ausstrahlten, war sehr gering; anscheinend ist es niemals gemessen worden. Wir haben diese Messung aber bei dem mit Vorkonzentrierungspule ausgerüsteten Aachener Oszillographen durchgeführt. Bei diesem Versuch wurde die Vorkonzentrierung ein-, die Hauptkonzentrierung abgeschaltet. Man erhält alsdann, da bei der Aachener Bauart ein gewisser Teil der Elektronen noch im Ablenkrohr ausgeblendet wird, einen Fluoreszenzfleck von rd. 2 cm Dmr. Die entsprechende Stromstärke betrug beim Versuch 78 µA, Spannung 55 kV. Unter diesen Umständen strahlt der Fluoreszenzfleck in der Senkrechten zum Schirm mit 47 Hefnerkerzen (Material: Buchlersches Zinksulfid; beobachtete Lumenanzahl mindestens 150; Ausbeute: 35 Lumen/W). Die Vorkonzentrierungspule hat daher aus dem Braunschen Rohr eine Lampe gemacht. Das Aussehen des Leuchtflecks ist blendend weiß mit etwas Überwiegen des Grünlichen. Im Spektroskop sieht man sämtliche Farben von violett bis rot.

Bei solcher Intensität des schreibenden Elektronenstrahls konnte man wieder daran denken, zu Außenaufnahmen mit Linse und Kamera zurückzukehren, einem Verfahren, das an Einfachheit nicht zu übertreffen ist. Rogowski und Flegler[10] haben schon 1928 eine Wanderwelle an einer 60 m langen Leitung durch ein kleines Beobachtungsfenster mit Linse und Kamera photographiert (Abb. 8). Das Oszillogramm zeigt den ersten Anstieg der Wanderwelle deutlich. Die Ordinaten des Bildes sind im Vergleich zu den Ordinaten des Oszillogramms auf dem Fluoreszenzschirm auf mehr als die Hälfte verkleinert. Da uns hier nur die Frage der Schreibgeschwindigkeit interessiert, liegt unser Hauptinteresse beim ersten Anstieg der Welle. Dieser wird nach früheren Versuchen in weniger als 10^{-8} s durchlaufen[11], das ergibt auf dem Fluoreszenzschirm eine Schreibgeschwindigkeit von 2000 km/s, auf der photographischen Platte eine solche von rd. 1000 km/s. Es war somit bereits vor 2½ Jahren der Beweis erbracht, daß Vorgänge von rund einer milliardstel Sekunde durch Außenphotographie mit Linse und Kamera festgehalten werden konnten. Gewisse Verzerrungen im Oszillogramm sind auf das kleine Beobachtungsfenster zu schieben, das aus gewöhnlichem und nicht aus planparallelem Glas bestand, sowie auf kleine zusätzliche Schwingungen in der Zeitlinie[12].

10 kV — 0 — 0 0,4·10⁻⁶ sec

Abb. 8. Einschalt-Wanderwelle einer 60 m langen Leitung. Außenaufnahme 1928. Schreibgeschwindigkeit auf dem Fluoreszenzschirm rd. 2000 km/s, auf der photographischen Platte rd. 1000 km/s.

Auf meine Veranlassung haben Buß und Pernick diese Außenaufnahmen wiederholt. Ich füge zwei Bilder bei: eine Wanderwelle an einer 30 m langen Leitung und eine Steilheitsbestimmung durch Stufenmessung (Abb. 9 und 10). Der Oszillograph war bei letzterer 8 m vom Ende der Leitung angeschlossen. Auch hier beträgt die maximale Schreibgeschwindigkeit auf der photographischen Platte (Abb. 9) rd. 1000 km/s, auf dem Fluoreszenzschirm 3000 km/s; Schreibweg für eine milliardstel Sekunde 3 mm[13].

Abb. 9. Außenaufnahme. Schaltwelle einer 30 m langen Leitung. Schreibgeschwindigkeit auf dem Fluoreszenzschirm rd. 3000 km/s, auf der photographischen Platte rd. 1000 km/s.

Abb. 10. Außenaufnahme. Steilheitsbestimmung einer Wanderwellenstirn durch Stufenmessung. Länge der Leitung 100 m. Meßstelle 8 m vom Leitungsende.

Keineswegs bedeuten diese Aufnahmen die Grenze des mit Linse und Kamera Erreichbaren, denn infolge des schmalen Beobachtungsfensters fiel nur etwa auf die Hälfte der Linsenfläche Licht. Infolge starker Ausblendung in der Ablenkkammer blieb immer noch ein beträchtlicher Teil der Elektronen unbenutzt. Es ist daher zu erwarten, daß sich bei voller Ausnutzung des Fluoreszenzlichtes und der Elektronen Schreibgeschwindigkeiten von etwa 10 000 km/s ergeben werden. Versuche hierüber sind im Gang; ich werde demnächst über sie berichten.

Bei solch weitgehender Wirkung der Vorkonzentrierung lag es nahe, wieder auf das abgeschmolzene Braunsche Rohr zurückzugreifen. Freilich war eine gewisse Schwierigkeit zu überwinden. Es war vorauszusehen, daß die stärker als bei den alten Röhren beanspruchte Kathode bald zerstäuben und die Lebensdauer der Röhre herabsetzen würde. Diese Schwierigkeit wird überwunden, wenn man die Kathode beweglich macht und den Elektronenquellpunkt je nach Bedürfnis auf unversehrtes Metall verlegt[14]. Mit einem so ausgerüsteten Rohr, das bereits eine Lebensdauer von 800 h hinter sich hatte, ist Abb. 11 aufgenommen worden.

Abb. 11. Außenaufnahme. Abgeschmolzenes Rohr. Kabelwelle. Kabellänge 37,5 m.

Die bisher bekanntgewordenen Ergebnisse stützen sich untereinander aufs beste. Wie wir sehen, ist bei Innenaufnahmen bei rd. 100 000 km/s Schreibgeschwindigkeit die Grenze der Schwärzungsintensität noch keineswegs erreicht. Nun wissen wir aus den Versuchen von Rogowski, Flegler u. Rosenlöcher[15], daß Elektronen- und Lichtschwärzung, wenn letztere voll ausgenutzt wird, einander (bei etwa 50 000 V Spannung Kathode—Anode) ungefähr gleichwertig sind. Bei Linse und Kamera wird höchstens 1/100 der gesamten Lichtmenge ausgenutzt. Diese Schlußweise steht in guter Übereinstimmung mit einer neueren Untersuchung von M. Knoll[16]. Da Außenaufnahmen von 2000 km/s Schreibgeschwindigkeit auf dem Fluoreszenzschirm nachgewiesen wurden, so muß die Grenze für Innenaufnahmen bei Benutzung der Vorkonzentrierungspule höher als bei ⅔ der Lichtgeschwindigkeit liegen[17].

---

[9] Rogowski u. Rühlemann, Arch. El. Bd. 24, S. 691 (1930).
[10] Rogowski u. Flegler, Arch. El. Bd. 20, S. 636 (1928).
[11] Arch. El. Bd. 18, S. 502 u. 503 (1927).
[12] Die Versuche wurden an einer Bauart, die für Innenaufnahmen zugeschnitten war, durchgeführt. Linsen- und Fluoreszenzschirm machen dabei einen Winkel von 45°, so daß optische Verzerrungen in Kauf genommen werden mußten. Eine Bauart, bei der diese Verzerrungen vermieden werden, ist in Angriff genommen.
[13] Die hier gezeigten Oszillogramme stellen keineswegs Paradeaufnahmen dar, sondern sind ohne Mühe jederzeit zu erhalten.
[14] Rogowski u. Szeghö, Arch. El. Bd. 24, S. 899 (1930).
[15] Arch. El. Bd. 23, S. 149 (1929).
[16] M. Knoll, Z. techn. Phys. Bd. 12, S. 54 (1931).
[17] Die Behauptung von Knoll auf der Königsberger Tagung (ETZ 1930, S. 1749), daß bei Außenaufnahmen nur 100 ... 200 km/s Schreibgeschwindigkeit erfaßt werden können, ist somit für den mit Vorkonzentrierung ausgerüsteten Kathodenoszillographen durch die obigen Aufnahmen widerlegt.

In der Z. techn. Phys. Bd. 11, S. 152 (1930) hat Krug eine recht bemerkenswerte Innenaufnahme mit 15 000 km/s Schreibgeschwindigkeit gezeigt. Diese Aufnahme ist mit einem Kathodenoszillographen der in Dresden entwickelten Bauart ausgeführt worden. Nun wissen wir aus der Arbeit von W. Obenaus[18], daß die in Dresden entwickelte Bauart mit der in Aachen entwickelten nicht nur das Begrenzungsventil, die zwei Pumpen[18a], die Blende zwischen Zeit- und Schwingungsplatten, sondern auch die Vorkonzentrierungsspule gemeinsam hat. Auch bei der Krugschen Aufnahme ist somit die hohe Schreibgeschwindigkeit zugunsten der Aachener Vorkonzentrierungsspule zu buchen.

Abb. 8 beweist, daß die milliardstel Sekunde bereits vor mehr als zwei Jahren, 1928, durch Außenaufnahme mit Linse und Kamera festgehalten worden ist. Zwei Jahre später (1930) haben auch Knoll, Knoblauch und v. Borries[19] bemerkenswerte Außenaufnahmen der milliardstel Sekunde gezeigt, allerdings mit Hilfe des Lenard-Fensters, eines durchaus interessanten Verfahrens, das aber nach ihrem eigenem Urteil an Bequemlichkeit demjenigen mit Linse und Kamera nachsteht.

Bei dieser Gelegenheit haben die Verfasser allerlei Bedenken gegen das von uns benutzte allbekannte Glasentladungsrohr vorgebracht. Die Herren sehen sogar den großen Fortschritt ihrer Arbeit in der Wiedereinführung des von H. Busch[20] angegebenen Metallentladungsrohres. Nach meiner Erfahrung muß ich die Bedenken gegen das gläserne Strahlrohr als ungerechtfertigt bezeichnen. Es brennt bei den oben angegebenen Spannungen von 55 000 V so ruhig, wie man es überhaupt nur von einer Gasentladung erwarten kann. Der Widerspruch ist wahrscheinlich so zu erklären, daß Knoll, Knoblauch und v. Borries bei ihrer Anordnung, wenn sie hohe Schreibgeschwindigkeiten erzielen wollen, sehr hohe Entladungsströme benötigen; sie schreiben selbst von 1 ... 5 mA bei einer Schreibgeschwindigkeit von 5000 km/s. Wir benötigen beim Aachener Oszillographen bei Schreibgeschwindigkeiten von mindestens 63 000 km/s (handelsüblicher Lichtfilm) einen Entladungsstrom von nur 0,1 mA. Unser Entladungsrohr arbeitet somit rd. 100mal günstiger als das von Knoll, Knoblauch und v. Borries angegebene; es braucht nicht überanstrengt zu werden und brennt daher ruhig.

Nach Abb. 8 und den neueren Aufnahmen Abb. 9 u. 10 scheint es mir berechtigt zu sein, daß man der Vorkonzentrierungspule dieselbe Bedeutung zumißt wie dem Kunstgriff, die Platte in das Vakuum hereinzubringen[21].

Nachweislich hat das alte Strahlrohr bei Innenaufnahmen kaum die Wirkung erreicht, die man bei Außenaufnahmen mit Linse und Kamera erhält, wenn man dasselbe mit einer Vorkonzentrierungspule ausrüstet. Hiermit steht die Angabe von Knoll in bester Übereinstimmung, daß durch Einführung der Innenaufnahme der Wirkungsbereich des alten Braunschen Rohres auf rund das Hundertfache gestiegen ist. Daß die Vorkonzentrierungspule die Schreibintensität beim alten Rohr um das Hundertfache erhöhen kann, ist außer Zweifel[22].

Wir fassen nochmals Abb. 2 ins Auge. Die Vorkonzentrierungspule bewirkt, daß so gut wie sämtliche an der Kathode entspringenden Elektronen auf der Schreibfläche nutzbar gemacht werden können. Zum ersten Male gelang es mit ihr, die natürliche Grenze der Energiesteigerung beim Kalt-Kathodenoszillographen zu erreichen. Nachdem die hierdurch erzielbaren Fortschritte bekannt waren, mag man die Energieausnutzung auch anders vornehmen. Kann man aber mehr erreichen als die Nutzbarmachung der gesamten der Kathode entspringenden Elektronenmenge?

Knoll, Knoblauch und v. Borries behaupten — allerdings ohne Beweis — die Vorkonzentrierungsspule sei nicht durch die Arbeit von Rogowski, Flegler und Tamm (vgl. oben) bekannt geworden, sondern sie rühre von Hull her[23]. Wer die Arbeit Hulls unbefangen liest, wird finden, daß sich die Herren Knoll, Knoblauch und v. Borries auch hier irren.

[18] W. Obenaus, Mitt. Hermsd. Schomb. 1930, S. 1636.

[18a] Die Verwendung von zwei Pumpen, von denen die eine auf das Entladungsrohr, die andere auf die Ablenkkammer arbeitet, hat sich gut bewährt. Mit dieser Anordnung kann man ohne Schwierigkeit dauernd 60 kV den Ablenkplatten zumuten, ohne Durchschläge befürchten zu müssen. Die Grenze für kürzere Beanspruchungen muß naturgemäß wesentlich höher liegen. Versuche, sie festzustellen, sind im Gang. Inzwischen hat Binder (ETZ 1931, S. 735) bei einem „Groß-Kathodenstrahl-Oszillographen" kurzdauernde Spannungen bis zu 150 kV an die Ablenkplatten gebracht. Dies ist eine durchaus wertvolle Feststellung. Leider erfahren wir nicht, wie Binder das erforderliche hohe Vakuum im Ablenkraum herstellt, da von den Pumpen in seinem Aufsatz nur die Vorpumpe erwähnt wird. Soweit sich aus seiner Abbildung entnehmen läßt, benutzt auch Binder zwei Pumpen. Sollte sich diese Vermutung bewahrheiten, so würde dies ein weiterer Beweis für die Nützlichkeit unserer Pumpenanordnung sein.

[19] Knoll, Koblauch u. v. Borries, ETZ 1930, S. 966.

[20] H. Busch, Arch. El. Bd. 18, S. 583 (1927).

[21] Rogowski, VDE-Fachberichte 1928, S. 84; vgl. a. Knoll, Knoblauch u. v. Borries, wie Fußnote 19.

[22] Man beachte, daß die erste Aachener Ausführung (Arch. El. Bd. 15, S. 297 [1925]) keine Vorkonzentrierung hatte. Aufnahmen mit dieser älteren Ausführung: die erste Wanderwelle, Arch. El. Bd. 14, S. 529 (1925) und die Untersuchung von Jacobs, Arch. El. Bd. 20, S. 309 (1928). — Ein Exemplar dieser älteren Ausführung ging an die Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen, die dasselbe umgebaut hat (vgl. ETZ 1928, S. 232 u. 1098; Forschungsheft 2 d. Stud.-Ges. f. Höchstspg.-Anl. S. 109 [1930]. Mit diesem veränderten Aachener Oszillographen sind folgende Aufnahmen gemacht worden: Bild 84, S. 61 der Dissertation Gabor, Berlin 1927; Bild 84 ... 106d im Forschungsheft 1 d. Stud.-Ges. f. Höchstsp.-Anl.; die Bilder 5a u. 5b der ETZ 1928, S. 230 (Diskussionsbeitrag Gabor); die Bilder 9a u. 9b des Aufsatzes Harald Müller, El. u. Maschinenb. Bd. 45, S. 634 (1927) (Gaborsche Oszillogramme).

In dem Buche von G. Keinath, Die Technik elektrischer Meßgeräte, 3. Aufl. 1928, findet sich S. 424 das Bild des Gaborschen Oszillographen. Das für die Wirkungsweise desselben beigefügte Oszillogramm 381, S. 425, ist mit dem veränderten Aachener Oszillographen aufgenommen; ähnlich im Aufsatz Grünewald [Z. VDI Bd. 73, S. 30 (1929)] Bild 1, Gaborscher Oszillograph. Zugehöriges Oszillogramm 7 u. 8, aufgenommen mit der veränderten Aachener Bauart. Eine Ansicht der veränderten Aachener Bauart findet sich ETZ 1928, S. 230, und Forschungsheft 1 der Stud.-Ges. f. Höchstsp.-Anl., S. 62.

[23] Hull, Proc. Inst. Radio Engs. Bd. 9, S. 141 (1921).

Elektrische Gasreinigung in Gaserzeugerbetrieben.

Das Stahlwerk Düsseldorf Gebrüder Böhler & Co. AG. benutzt zur Gewinnung von Teer und Öl des aus rheinischen Braunkohlenbriketts erzeugten Generatorgases, das zur Heizung von Industrieöfen verwendet wird, eine nach dem Cottrell-Möller-Verfahren in 2 Stufen arbeitende elektrische Gasreinigungsanlage[1] (Abb. 1). In der 1. Stufe wird bei 80° C der Teer gewonnen und im Teerbehälter gesammelt, während die 2. Stufe, die der Röhrenkühler und der Niederschlagapparat *II* bilden, zur Gewinnung des Öles dient. Sowohl die Emulsion aus dem Röhrenkühler als auch aus dem Niederschlagapparat *II* werden in das Überlaufgefäß geleitet, wo sich durch Abstehen das Öl vom Wasser trennt und in den Öl-Sammelbehälter fließt.

Abb. 1. Elektrische Reinigungsanlage für Generatorgas.

Die Anlage arbeitet mit einer Spannung der Sprühelektroden gegen die Niederschlagelektroden von 50 000 V Gleichstrom. Nicht das gesamte erzeugte Gas wird gereinigt, sondern nur ein Teil. Für die Reinigung der Gasmenge aus 1 t rheinischen Braunkohlenbriketts mit einem Heizwert von 4800 kcal/kg ergeben sich als Mittelwerte folgende Zahlen:

a) Einnahmen:	1. Teer	31,6 kg
	2. Öl	15,4 kg
b) Ausgaben:	1. elektr. Strom . .	5,9 kWh
	2. Wasser	6,8 m³
	3. Dampf	0,02 t
	4. Reparaturen, Ersatzteile, Löhne, Hilfstoffe	0,50 RM

Ka.

[1] H. Knickenberg, St. u. E. Bd. 51, S. 390.

Über die Empfindlichkeit des menschlichen Körpers für schwachen Wechselstrom.

Von **E. Albers-Schönberg**, Berlin.

Übersicht. **Eine Anzahl von Personen verschiedener Berufsausübung wird mit Wechselstrom von 50 Hz an den Händen elektrisiert. Der Eigenwiderstand des Körpers wird gegenüber den andern im Stromkreis liegenden Widerständen sehr klein gemacht, so daß der Stromfluß durch Spannung und Vorschaltwiderstand gegeben ist. Es wird festgestellt, daß ein Strom von 0,4 ... 0,5 mA von manchen Personen, insbesondere von Frauen, als physisch unangenehm empfunden wird.**

Die Diskussion über die Empfindlichkeit des menschlichen Körpers für elektrische Ströme und Spannungen wird seit Jahrzehnten immer wieder aufgenommen, ohne daß die Frage nach den Grenzwerten der Gefährlichkeit bisher eine eindeutige Antwort hat finden können. Die Gründe für die Schwierigkeit dieser Feststellung sind leicht anzugeben. Zunächst ist es niemals möglich, mit unvorbereiteten Personen zu experimentieren. Das Vorbereitetsein auf eine Elektrisierung kann in beiden Richtungen verfälschend auf das Experiment wirken. Es kann die Stromempfindlichkeit je nach der Eigenart der Versuchsperson herab- oder heraufsetzen. Ein weiterer Grund für die Schwierigkeit dieser Experimente liegt in der zu großen Verantwortung, die der Experimentator für die Gesundheit seiner Versuchspersonen trägt. Wie eng nebeneinander liegen gegebenenfalls die Grenzen einer eingebildeten Schädigung durch das Experiment und einer wirklichen nervösen Störung. Greift aber der Experimentator zu dem Mittel, nur sich selbst als Versuchsperson zu benutzen, so werden zwar Ergebnisse von hohem Interesse gewonnen, aber ein allgemeiner Maßstab ist davon nicht abzunehmen, da der Experimentator, als Mann vom Fach, dem alle Wirkungen der Elektrizität vertraut sind, sicher mehr verträgt als eine beliebige Person aus Laienkreisen.

Das Bulletin des Schweizer. Elektrot. Vereins brachte unlängst eine größere Veröffentlichung über den Stromdurchgang durch den menschlichen Körper[1]. In dieser Veröffentlichung spielt ein Gutachten des Herrn Prof. Dr. H. F. Weber[2], welches dieser schon im Jahre 1897 anfertigte, eine wichtige Rolle. Prof. Weber hat an sich selbst Messungen angestellt, bei denen er mit bewundernswürdiger Standhaftigkeit bis über die Grenzen des Erträglichen hinaus seinen Körper dem Stromfluß aussetzte.

Die im folgenden mitgeteilten Messungen liefern einen kleinen Beitrag zu dem Thema der Stromempfindlichkeit, der vielleicht darum von Interesse ist, weil die Versuchsanordnung eine wesentlich andere war, als die in den angezogenen Publikationen verwendeten, und doch Resultate erzielt wurden, die mit den Schweizer Ergebnissen, insbesondere den Beobachtungen Prof. Webers, zusammenstimmen.

Den Anlaß zur Ausführung dieser Meßreihe bot die Untersuchung des Verhaltens verschiedener Isolierstoffe bei Erhitzung. Die Abnahme des Isolationswiderstandes mit der Temperatur, die für die Isolierstoffe je nach ihrer chemischen Zusammensetzung in um mehrere Größenordnungen verschiedenen Kurven erfolgen kann, legte die Frage nahe, zu prüfen, wie weit der Ohmsche Widerstand eines Isolierteiles sinken muß, um bei einer Spannung von 220 V Wechselstrom den Elektrizitätsdurchgang für den in den Stromkreis eingeschalteten menschlichen Körper spürbar zu machen. Die Prüfperson befindet sich in einem Stromkreis eingeschaltet, welcher einen Satz Dralowid-Widerstände enthält, aus dem wahlweise je ein Widerstand zwischen 10 und 0,1 MΩ eingeschaltet werden kann. Der Isolierteil wird also jeweils durch einen Widerstand bestimmten Ohmwertes abgebildet. Die Abstufung der Widerstände ist die folgende:

10 — 5 — 3 — 2 — 1 — 0,7 — 0,5 — 0,4 — 0,25 — 0,1 MΩ.

Die ersten Vorversuche, bei welchen den Versuchspersonen Kontaktstücke in die trockene Hand gelegt wurden, zeigten, daß so keine vergleichbaren Resultate erzielbar waren. Der zufällige Feuchtigkeitszustand der Hände ist von Person zu Person und auch bei ein und derselben Person zu verschiedenen Zeiten so verschieden, daß die Messungen mit einer Unsicherheit von mindestens einer Größenordnung behaftet waren. Es wurde daher die sicherste Kontaktgebung, nämlich die durch Flüssigkeit, gewählt und damit der Eigenwiderstand des Körpers auf den kleinsten Wert gesenkt. Die Kontakte sind durch zwei Gefäße mit verdünnter Salzlösung gebildet, in welche beim Versuch zwei Finger etwa ein Fingerglied tief eingetaucht wurden. Die Prüfungen wurden mit zwei Fingern einer Hand und je einem Finger beider Hände ausgeführt. In einem besonderen Versuch wurde ferner die Stromempfindlichkeit bei voll eingetauchten Händen geprüft.

Der Ohmsche Widerstand der beiden Salzwassersäulen betrug bei dieser Versuchsreihe rund 6000 Ω. Für den im Stromkreise befindlichen Körperwiderstand können wir messungsgemäß 8000 ... 15 000 Ω annehmen. Diese Zahlen wurden stichprobeweise durch Strom- und Spannungsmessung ermittelt. Die Spannung wurde hierzu auf etwa 10 V herabgesetzt und der durch die Finger fließende Strom unter Fortlassung der Vorschaltwiderstände mit Thermokreuz und Galvanometer gemessen. Maßgebend für diesen Körperwiderstand sind nach der Veröffentlichung des Schweizerischen Bulletins die beiden Hautwiderstände an der Stromeintritts- und austrittsstelle. Der Wert von 8000 ... 15 000 Ω hält sich im Rahmen derjenigen Zahlen, die auf Grund der genannten Veröffentlichung zu erwarten sind. Der Wert für Flüssigkeitskontakt und Körperwiderstand ist klein genug, um ihn in der unten folgenden Umrechnung der Messungsergebnisse gegenüber dem vorgeschalteten Dralowid-Widerstand zu vernachlässigen.

Es wurden nun diejenigen Widerstände in Megohm festgestellt, bei welchen die Prüfperson den ersten schwachen Strom an den Fingern bemerkte; sodann der Punkt, bei welchem die Prüfperson erklärte, daß der Stromfluß physisch unangenehm sei. Als unangenehme Stromstärke wurde einfach diejenige angesehen, bei welcher die Versuchsperson die Finger sogleich nach dem Einschalten mit einer kräftigen unwillkürlichen Bewegung aus dem Kontaktgefäß herauszog. Bei den Versuchen tauchte der Verdacht auf, daß der erste Einschalt-Stromstoß besonders fühlbar wäre und hierdurch eine zu hohe Empfindlichkeit gemessen würde. Bei näherer Untersuchung erwies sich diese Vermutung als unbegründet. In der Nähe der „Unannehmlichkeitsgrenze" ist es in vielen Fällen nicht schwer, ein wenig Selbstdisziplin zu üben und den Stromfluß eine Weile auszuhalten. Man bemerkt sodann, wie das Empfinden in den Fingernerven vom Augenblick des Einschaltens an auch über längere Zeit ganz das gleiche bleibt. Besonderer Wert wurde darauf gelegt, daß Menschen recht verschiedener Berufsausübung geprüft wurden, insbesondere auch Frauen, Hausangestellte usw., d. h. solche Personen, die mit der Elektrizität an sich nicht vertraut sind, aber mit elektrischen Geräten umzugehen pflegen.

Es folgen in der Tafel die Meßwerte für die Prüfung an den Fingerspitzen:

Empfindlichkeitsprüfung für 220 V mit Fingerspitzenkontakten.
Alle Werte sind in Megohm angegeben.

Beruf	220 V			
	einhändig		zweihändig	
	bemerkbar	unangenehm	bemerkbar	unangenehm
Ingenieur	0,7	0,4	0,7	0,4
Ingenieur	0,7	0,4	0,7	0,25
Chemiker	0,7	0,4	1,0	0,4
Zeichner	0,7	0,1	0,5	0,1
Werkmeister	0,4	0,1	0,5	0,1
Mechaniker	0,5	0,25	0,5	0,25
Laborantin	0,7	0,5	0,7	0,5
Laborantin	1,0	0,25	1,0	0,25
Hausfrau	0,7	0,5	0,7	0,5
Köchin	5,0*	0,4	5,0	0,5
Köchin	0,5	0,25	0,5	0,25
Küchenangestellte	0,7	0,25	0,5	0,25
Küchenangestellte	0,7	0,5	0,7	0,5
Krankenpflegerin	0,7	0,4	0,5	0,25

* Diese gegenüber allen anderen Personen auffallende Empfindlichkeit beruht nach Ansicht des Verfassers auf Einbildung.

Es folgten jetzt einige entsprechende Messungen mit volleingetauchten Händen. Hierbei ergab sich zunächst eine Abnahme der Empfindlichkeit. Eine Prüfperson, welche bei der Fingerspitzenprüfung zweihändig die Bemerkbarkeitsgrenze 1,0 MΩ und die Unannehmlichkeitsgrenze 0,4 MΩ angegeben hatte, lieferte bei dieser Prü-

[1] Bull. SEV Bd. 20, S. 428 (1929); ETZ 1930, S. 254.
[2] Bull. SEV Bd. 19, S. 703, (1928); ETZ 1930, S. 291.

fung die Werte 0,5 und 0,1 MΩ. Die Abnahme der Stromdichte machte sich also erheblich bemerkbar und ergab eine um eine halbe Größenordnung verminderte Empfindlichkeit. Bei einer zweiten Versuchsperson stellte sich das eigenartige Ergebnis ein, daß sie bei 0,25 MΩ noch nichts spürte, bei der nächsten Stufe 0,1 MΩ jedoch gleich so kräftig elektrisiert wurde, daß die Erträglichkeitsgrenze überschritten wurde. Nach diesem Beispielfall wurde die Meßreihe abgebrochen, da durch das plötzliche und gleichzeitig kräftige Auftreten des Stromes eine Schreckwirkung für die Versuchsperson zu befürchten war. Hier stoßen wir auf einen noch ungeklärten Punkt, nämlich die Frage nach der Stromdichte und relativen Empfindlichkeit bestimmter Stellen des Körpers. Auch die Veröffentlichung im Bull. SEV weist auf S. 440 nach, daß eine Berechnung des Körperwiderstandes je nach der Größe der Berührungsfläche, ausgehend von einem Einheitswert für 1 cm² Haut, zu falschen Ergebnissen führt. Es hat den Anschein, als wenn ein und dieselbe Stromstärke um so unangenehmer empfunden wird, je kleiner Eintritts- und Austrittstelle sind. Auf jeden Fall erbringen wohl Messungen an den Fingern die wissenswertesten Zahlen, da im täglichen Leben Elektrisierungen überwiegend durch Anfassen stromführender Gegenstände stattfinden.

Unter den 14 nach der ersten Methode geprüften Personen befinden sich 4, die bei 0,5 MΩ angaben, den Stromdurchgang unangenehm zu empfinden, interessanterweise übrigens sämtlich Frauen.

Gegenüber dem hohen Wert von 500 000 Ω vernachlässigen wir den Kontaktwiderstand und Eigenwiderstand der geprüften Person und errechnen eine Stromstärke von 0,44 mA. Halten wir diese Zahl zusammen mit den Angaben Prof. Webers, daß er unterhalb 0,1 mA „leichte Erschütterungen der Muskeln in den Fingern und den Händen" und bei rd. 0,8 mA „lebhafte Erschütterungen in den Fingern, den Händen und dem Unterarm" verspürte, so ergibt sich eine verhältnismäßig gute Übereinstimmung. Diese unter 1 mA liegenden Ströme sind für einen nicht übermäßig sensiblen Menschen an sich wohl niemals schädlich. Es mögen jedoch Fälle vorkommen, wo es wichtig ist, jede unangenehm fühlbare Elektrisierung überhaupt auszuschließen. Da vermag die Feststellung eines Grenzwertes von 0,4 ... 0,5 mA einen Anhaltspunkt zu gewähren.

Der elektrische Schiffsschraubenantrieb.

Von Dr. P. Frh. v. **Stritzl**, London.

(Schluß von S. 1215.)

Nach den allgemeinen Vorbemerkungen der Abschnitte 1 und 2 soll nunmehr auf die drei eingangs erwähnten Antriebsarten eingegangen werden.

3. Turbo-elektrischer Hauptantrieb.

Bei dieser Antriebsart handelt es sich, abgesehen von der Verwendung für Kriegschiffe[2], meist um Doppelschrauben-Passagierdampfer, die, um ihren Fahrplan auch bei rauhem Wetter einhalten zu können, über eine gewisse Geschwindigkeitsreserve verfügen müssen.

Anderseits haben derartige Schiffe mit Rücksicht auf die Ankunftszeit im nächsten Hafen oft erhebliche Strecken mit stark verminderter Geschwindigkeit zurückzulegen. Verläßt beispielsweise ein Schiff mit 20 Sm. Höchstgeschwindigkeit einen Hafen A um 4 Uhr nachmittags, so würde es bei fahrplanmäßiger Fahrt mit 19 Sm. einen 600 Sm. entfernten Hafen B in 31,5 Stunden, also um 11½ Uhr abends, d. h. zu einer Zeit erreichen, zu welcher die für die Abfertigung benötigten Behörden dieses Hafens keinen Dienst haben. Es ist also wirtschaftlicher, die Geschwindigkeit auf dieser Teilstrecke auf

$$\frac{600}{31,5 + 8,5} = 15 \text{ Sm.}$$

herabzusetzen, so daß der Hafen B um 8 Uhr früh erreicht wird.

Abb. 1. Brennstoffverbrauch des „Viceroy of India".

Abb. 2. Maschinenraum des „Viceroy of India".

Da nun bekanntlich die Geschwindigkeit eines Schiffes nur mit der dritten Wurzel der Wellenleistung veränderlich ist, würden für die Fahrt mit 15 Sm. nur etwa $(^{15}/_{20})^3 = 0,42$ der vollen Maschinenleistung aufzuwenden sein. Bei Unterteilung der Stromerzeugung bietet demnach der elektrische Antrieb die Möglichkeit, weite Strecken mit nur einem Generator zurückzulegen, dessen Leistung durch beide Propeller nahezu voll ausgenutzt werden kann, und der daher mit günstigem Dampfverbrauch in Betrieb ist, während der zweite Satz stillsteht. Im Falle des vorgenannten Beispieles würde also die den Betrieb führende Turbine 84 % ihrer Normalleistung bei voller Drehzahl zu liefern haben, d. h. sie wäre bei der durch die niedrigere Schraubendrehzahl bedingten geringeren Frequenz voll ausgenutzt, während bei mechanischer Übertragung beide Turbinen mit nur je halber Leistungsfähigkeit zu laufen

[2] Vgl. ETZ 1928, S. 1082.

hätten. Allerdings müßten, um den Bedingungen des gewählten Beispieles voll zu genügen, entsprechend größere Generatoren gewählt werden (wie beim „Viceroy of India“).

Wie bedeutend die auf diese Weise erzielten Ersparnisse bei Vorhandensein entsprechender Voraussetzungen und bei richtiger Ausnutzung der Eigenschaften eines derartigen Schiffes werden können, dürfte nach obigem keinem Zweifel mehr unterliegen. Nach den Erfahrungen der GEC beträgt die erzielte Brennstoffersparnis im Mittel etwa 8 %.

Abb. 3. Turbo-elektrischer Passagierdampfer „Viceroy of India“.

Der sogenannte Admiralitätskoeffizient bildet für den Vergleich praktischer Betriebsergebnisse keine einwandfreie Grundlage, da die Größe des Mittelwertes der auf einer Reise entwickelten Wellenleistung bei direkt angetriebenen Schiffen nicht genau bestimmbar ist. Für derartige Vergleiche eignet sich besser der „Brennstoffkoeffizient für alle Zwecke“, d. h. der Ausdruck

$$\frac{D^{\frac{2}{3}}\,V^3}{B},$$

worin B den Brennstoffverbrauch in Tonnen pro Tag einschließlich Hilfsbedarf und Verbrauch im Hafen bedeutet. Dieser Koeffizient betrug auf der ersten Reise des „Viceroy of India“ von London nach Bombay und zurück im Mittel 39 325. Dieser Wert ist deshalb recht ungünstig, weil mit Rücksicht auf die hohe Kühlwassertemperatur im Roten Meer kein höheres Vakuum als etwa 94,1 aufrecht erhalten werden kann Für die Strecke Marseille—Port Said betrug der Koeffizient 41 000. Der gesamte Brennstoffverbrauch für alle Zwecke auf dieser ersten Reise war 3521 t. Daß hierbei die dem elektrischen Antrieb innewohnenden Möglichkeiten noch nicht voll ausgenutzt wurden, da sich das Personal mit der Neuerung erst vertraut machen mußte, erhellt aus der Tatsache, daß auf späteren Reisen der Gesamtverbrauch auf rd. 3100 t zurückging. Die auf der ersten Reise gemessenen Verbrauchszahlen sind für verschiedene Leistungen in Abb. 1 dargestellt; sie gelten für eine Wasserverdrängung von 20 000 t und ein Vakuum von 94,1 %.

Der Raumbedarf des turbo-elektrischen Hauptantriebes ist im allgemeinen geringer als derjenige gleichwertiger mechanischer Übertragungen. Zahlentafel 5 zeigt einige diesbezügliche Daten.

Zahlentafel 5. Raumbedarf der Maschinenanlage von Turbinenschiffen.

Name	WPS	Propeller-drehzahl	Raumbedarf m³/WPS
Empress of Britain	30 000	120	228
Orontes	20 000	95	235
Strathnaver (elektr.)	28 000	125	191
California (elektr.)	17 000	120	204

Dagegen sind Gewicht und Preis im allgemeinen höher. Das Mehrgewicht der elektrischen Anlage beträgt im Mittel etwa 4,5 kg/WPS, die Mehrkosten etwa 5 % des Preises der Maschinenanlage oder 1,2 % des Gesamtpreises von Schiffskörper und Maschinen.

In der Durchbildung der einzelnen Anlagenteile werden die neuesten Fortschritte der Dampf- und Elektrotechnik mit den reichen, für elektrische Haupt- und Hilfsantriebe an Bord gesammelten Erfahrungen verbunden. Die Anwendung hoher Drücke und Temperaturen im Turbinenteil, geschweißter Rotor- und Statorkonstruktionen bei den Propellermotoren, seewasserbeständiger Isolation um alle Wicklungen und überaus hohe Wirkungsgrade kennzeichnen die neuesten Ausführungen. Abb. 2 zeigt den Maschinenraum des „Viceroy of India“ (Abb. 3). In Abb. 4 ist einer der beiden 48poligen Propellermotoren des „Strathnaver“ abgebildet, welche bei 125 U/min eine Dauerleistung von je 14 000 WPS entwickeln.

4. Diesel-elektrischer Hauptantrieb.

Der Dieselmotor und neuerdings insbesondere der doppeltwirkende Zweitaktmotor verdrängt allmählich die Kolbendampfmaschine auf dem gesamten Gebiete des Schiffsmaschinenbaues für mittlere und kleine Leistungen.

Die Frage, ob die elektrische Kraftübertragung auf einem normalen Frachtschiff für den Ozeanverkehr wirtschaftliche Vorteile bringt, ist weniger leicht zu entscheiden als bei Fahrgastschiffen. Jedenfalls entfällt hier zumeist die Möglichkeit, wie bei Fahrgastdampfern durch geschickte Ausnutzung der Leistungsreserve Brennstoff zu sparen, da Frachtschiffe oft an keinen bestimmten Fahrplan gebunden sind und eine vorhandene Leistungsreserve damit nicht planmäßig ausgenutzt werden kann. Anderseits gibt die Verwendung von Gleichstrom die Möglichkeit, die den Betrieb führende und auf beide Propeller arbeitende Maschine voll auszunutzen, im Gegensatz zu Drehstrom, bei dem diese Maschine mit verringerter Drehzahl läuft und daher nur mit etwa 71 % ihrer Normalleistung angesetzt werden kann, es sei denn, daß, wie beim „Viceroy of India“, übergroße Generatoren vorgesehen werden (s. Zahlentafel 2).

Abb. 4. Ein Propellermotor des „Strathnaver“.

Die allgemeinen Vorzüge der elektrischen Übertragung, wie bessere Raumausnutzung, konstante Drehrichtung und auch Drehzahl der Dieselmotoren, Schwingungsfreiheit usw., kommen auch bei diesel-elektrischem Antrieb voll zur Geltung. Dem Mehrpreis für die elektrische Einrichtung stehen die Ersparnis für den Fortfall der langen Propellerwelle sowie eine Vergrößerung des nutzbaren Raumes oder Verringerung der Hauptabmessungen des Schiffes sowie die technischen Vorzüge gegenüber. Es ist also durchaus

wahrscheinlich, daß auch auf gewöhnlichen Frachtschiffen in Zukunft der elektrische Antrieb Eingang finden wird.

Sobald aber ein Schiff nicht nur dem gewöhnlichen Frachtverkehr zu dienen, sondern noch irgendeiner Nebenbedingung zu genügen hat oder überhaupt für einen Sonderzweck gebaut wird, so wird die elektrische Antriebsart fast stets die wirtschaftlich und technisch überlegene Lösung liefern. Derartige Fälle wären beispielsweise:

a) dauernder Bedarf an Energie für besondere Nebenzwecke, wie Kühlanlagen auf Fleisch- oder Fruchttransportschiffen, Hilfsantriebe auf Werkstatt-, Bergungs-, Flugzeugmutterschiffen und ähnlichen Spezialfahrzeugen. In derartigen Fällen kann der Hilfsbedarf in See von den Hauptmaschinen gedeckt und durch die Zentralisation der Stromerzeugung eine bedeutende Brennstoffersparnis erzielt werden;

b) bei Fahrzeugen, welche außer ihrer eigenen Fortbewegung im stilliegenden oder nahezu stilliegenden Zustande Leistungen zu vollbringen haben, also bei Frachtschiffen mit Schnellentladevorrichtungen für Massengüter wie Öl, Zement u. dgl., ferner bei Feuerschiffen, Schwimmkranen, Baggern, Feuerlöschbooten, Begleitschiffen für Unterseeboote (Aufladung von Batterien) u. dgl., gestattet der elektrische Antrieb die Verwendung der gleichen Kraftmaschinen für beide Zwecke;

c) bei allen Fahrzeugen, welche unter zwei grundverschiedenen Betriebsbedingungen zu arbeiten haben, wie Schlepper, Eisbrecher u. dgl., ermöglicht die Einschaltung der elektrischen Übertragung den Betrieb des Dieselgenerators mit voller Drehzahl auch bei geringer Schiffsgeschwindigkeit und erhöhtem Drehmoment an der Schraube;

d) bei Küstenfahrzeugen, welche häufige Anlegemanöver auszuführen haben, sind die überlegenen Manövriereigenschaften des elektrischen Antriebes von ausschlaggebender Bedeutung;

e) bei Fahrzeugen für Betriebe mit ausgeprägtem Saisoncharakter, wie Ausflugs- und Vergnügungschiffen, liefert elektrischer Antrieb mit unterteilter Generatorleistung die Möglichkeit, zwei verschiedene Fahrpläne gleich wirtschaftlich zu fahren;

f) bei Fährschiffen mit Propellern an beiden Enden ermöglicht es der elektrische Antrieb, den in der Fahrtrichtung jeweils vorne befindlichen Propeller mit der günstigsten Drehzahl mitlaufen zu lassen;

g) Yachten werden häufig aus Gründen der Schwingungsfreiheit mit elektrischem Antrieb versehen.

Während bei den unter a) und b) genannten Fahrzeugen die Zentralisierung der Krafterzeugung den ausschlaggebenden Vorzug bildet, beseitigt der elektrische Antrieb in den Fällen c) und f) den selbst der vollkommensten und wirtschaftlichsten heute verfügbaren Schiffsölmaschine, dem doppeltwirkenden Zweitaktmotor System AEG-Hesselmann, noch anhaftenden Nachteil, nämlich die Schwierigkeit einer genügenden Drehzahlregelung, und ermöglicht es somit, die sonstigen unübertrefflichen Eigenschaften dieses Motorentyps für alle vorgenannten Zwecke nutzbar zu machen, **ohne besondere Kunstgriffe, wie intermittierenden Betrieb, zu Hilfe nehmen zu müssen. Es unterliegt also keinem Zweifel, daß der diesel-elektrische Antrieb auf Sonderschiffen, wie dies in Amerika und England bereits der Fall ist, auch bei uns in Zukunft weitgehende Anwendung finden wird.**

Eine nähere Untersuchung der bisher mit elektrischem Antrieb ausgerüsteten Dieselschiffe zeigt auch tatsächlich, daß diese fast ausnahmslos für einen der aufgezählten Sonderzwecke bestimmt sind. So sind beispielsweise von insgesamt rd. 145 in Dienst stehenden diesel-elektrischen Fahrzeugen 21 Tankschiffe, 32 Schlepper, 10 Bagger, 30 Fähren, 9 Yachten usw. Häufig treffen auch zwei der oben unter a) bis g) aufgeführten Bedingungen zusammen, wie das Beispiel des in England für amerikanische Rechnung erbauten Zementschiffes „Cementcarrier" zeigt, welches dem Verkehr im Seendistrikt dient und auf seinem Kurs etwa 40 Schleusen zu passieren hat, so daß seine guten Manövriereigenschaften einen bedeutenden Zeitgewinn erbringen; außerdem liefert seine Stromerzeugungsanlage auch die für die Schnellentladung des Zements erforderliche Energie, deren Spitzenleistung jener des Schraubenantriebs gleichkommt.

Abb. 5. Maschinenraum des Öltankschiffes „Brunswick".

Abb. 6. Diesel-elektrisches Öltankschiff „Brunswick".

Der von einer diesel-elektrischen Anlage beanspruchte Schiffsraum ist geringer als derjenige direkt treibender Dieselmotoren. Gewicht und Preis sind im allgemeinen ungefähr gleich, da die Ersparnis infolge der leichteren Bauart bei Dieselmotoren viel mehr ins Gewicht fällt als bei Dampfschiffen, wo der schwerste Teil, die Kesselanlage, unbeeinflußt bleibt.

In Abb. 5 sind drei von den vier Dieselgeneratoren im Maschinenraum des Tankschiffs „Brunswick", von dem

Abb. 6 eine Ansicht wiedergibt, sichtbar. Im Vordergrund rechts erkennt man das Endlager eines der beiden Propellermotoren.

5. Turbo-elektrischer Zusatzantrieb.

Diese bisher ausschließlich in England angewandte Sonderbauart eignet sich sowohl zum nachträglichen Einbau in Schiffe mit Kolbendampfmaschinen, wie Frachtdampfer oder Fischereifahrzeuge, als auch für Neubauten. Die Steigerung der Leistung einer Dampfmaschine mit Hilfe einer Abdampfturbine ist auch im deutschen Schiffbau vielfach gebräuchlich; die Bauer-Wach-Turbine in Verbindung mit einem Rädergetriebe mit hydraulischer Kupplung erfreut sich ziemlicher Verbreitung, obwohl sie, wie unten gezeigt wird, einem Wettbewerb mit dem elektrischen Zusatzantrieb nicht standhält.

Durch den Einbau einer derartigen Einrichtung mit hydraulischer oder elektrischer Übertragung erzielt man eine theoretische Leistungssteigerung bzw. bei gleichbleibender Leistung eine Dampfersparnis von etwa 18 ... 20 %. Bei Neubauten ergibt die Anwendung des Systems gegenüber einer gewöhnlichen Dampfmaschine gleicher Leistung demnach eine Verkleinerung der Kessel- und Maschinenanlage, die entweder zur Vergrößerung des nutzbaren Laderaumes oder, bei gleich großem Laderaum, zur Verringerung der Schiffsgröße benutzt werden kann. Ein Hauptvorteil ist die Möglichkeit, bei einem Zusammenbruch der Hauptmaschine die Zusatzturbine über ein Reduzierventil mit Frischdampf betreiben zu können, wobei Frachtdampfer der üblichen Bauart noch eine Geschwindigkeit von etwa 6 ... 7 Sm. zu entwickeln vermögen.

Während ähnlich wie bei Hauptantrieben der Wirkungsgrad der elektrischen Übertragung an sich schlechter ist als der eines mechanischen Getriebes mit hydraulischer Kupplung, entsteht auch hier im praktischen Betrieb wieder eine zusätzliche Ersparnis infolge der ausgleichenden Wirkung des Elektromotors auf die Hauptdampfmaschine[3] und der Verhinderung des Durchgehens der Schiffsschraube bei schwerem Wetter. Die praktisch beobachtete Brennstoffersparnis bei elektrischer Übertragung beträgt etwa 23 ... 27 %.

Die Ausbildung des Zusatzantriebes hängt neben den besonderen Platzverhältnissen davon ab, ob es sich um einen Neubau oder um einen nachträglichen Einbau handelt. Die Abdampfturbine kann entweder an einer Bordseite der Hauptmaschine in der Längsrichtung des Schiffes oder aber querschiffs angeordnet werden. Der Elektromotor wird bei Neubauten meist unmittelbar hinter die Hauptmaschine gesetzt, während dies bei Umbauten in der Regel nicht angeht, weil die Propellerwelle die erhöhte Leistung nicht auf ihrer ganzen Länge übertragen kann. In derartigen Fällen wird der Motor am achteren Ende des Wellentunnels eingesetzt, wo auch die geringsten Konstruktionsänderungen und Versteifungen erforderlich werden. Ein Beispiel eines so eingebauten Zusatzantriebes zeigt Abb. 7 („City of Hongkong"). Die Kontrollapparatur des Zusatzantriebes muß natürlich so eingerichtet sein, daß die Umsteuerung selbsttätig gleichzeitig mit der Hauptmaschine erfolgt und daß im Falle des Ansprechens eines der vorgesehenen Sicherheitsorgane der Abdampf der Kolbenmaschine direkt dem Kondensator zugeleitet wird, unter gleichzeitiger Trennung aller elektrischer Verbindungen. Diese Funktionen werden durch Öldruckrelais überwacht.

Abb. 7. Elektrischer Zusatzantrieb.

[3] Johnson u. Higgs-Walker, Transactions of the Liverpool Eng. Soc. Bd. 51 (1930).

Das räumliche Strahlungsdiagramm der Telefunken-Richtantenne.

(Mitteilungen aus dem Laboratorium der Telefunken-Gesellschaft, Berlin.)

Von Dr. **Rudolf Bechmann**, Berlin.

Für den drahtlosen Nachrichtenverkehr mit kurzen Wellen finden Antennensysteme Verwendung, die die Strahlungsenergie stark bündeln und möglichst scharf nach dem Empfangsort richten. Die von Telefunken erbauten Richtantennen[1] bestehen aus MN gleichphasig erregten Dipolen, d. h. Leitern von der Länge einer halben Wellenlänge der erregten Strahlung. Diese Elemente bilden eine Strahlfläche, die aus M horizontalen geradlinigen Reihen, die vertikal im Abstand einer halben Wellenlänge übereinander angeordnet sind, bestehen, deren jede N gleichphasig erregte Dipole enthält. Eine ebensolche Fläche von Elementen ist im Abstand $\lambda/4$ parallel zur Strahlfläche als Reflektorebene angeordnet. Die gleichphasig erregten Elemente der Reflektorebene haben gegenüber den ebenfalls gleichphasig erregten Elementen der Strahlfläche eine Phasenverschiebung von $\pi/2$. Sämtliche Elemente haben dieselbe Stromamplitude I. Ältere Ausführungen dieses Systems enthalten 64 Elemente ($M = 4$, $N = 8$), die neuen Strahlenwerfer bestehen aus 192 Elementen ($M = 6$, $N = 16$).

Experimentelle Untersuchungen über die Richtcharakteristiken dieser Anordnungen wurden zuerst an einem alten, aus dem Jahre 1927 stammenden System von W. Moser in Nauen ausgeführt. Hierbei wurde das horizontale Strahlungsdiagramm weitestgehend untersucht. Horizontale und vertikale Charakteristiken von einer aus 64 Elementen bestehenden Richtantenne wurden in neuerer Zeit im Flugzeug von der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt in Verbindung mit dem Reichspost-Zentralamt ausgeführt[2]. In den erwähnten Arbeiten findet sich nur die Angabe der Teilcharakteristiken, die horizontalen und vertikalen Strahlungscharakteristiken.

x
z
y

Abb. 1.

Im folgenden werde das vollständige räumliche Strahlungsdiagramm der Telefunken-Richtantenne unter Berücksichtigung des Erdbodens angegeben. Dem Erdboden wird

[1] O. Böhm, El. Nachr. Techn. Bd. 5, S. 1913 (1928). — W. Moser, VDE-Fachberichte 1928, S. 100.

[2] M. Bäumler, H. Krüger, H. Plendl u. W. Pfitzer, Jahrb. drahtl. Telegr. Bd. 36, S. 1 (1930).

durch Hinzufügung eines Spiegelbildes mit gegenphasig schwingenden Elementen Rechnung getragen. Die experimentell gefundenen Diagramme rechtfertigen weitgehend diesen Ansatz. Es werde ein Kugelkoordinatensystem (r, φ, ϑ) bzw. ein kartesisches Koordinatensystem (x, y, z) (Abb. 1) zugrunde gelegt. Beide sind durch die Beziehungen

$$x = r \sin\vartheta \cos\varphi\,; \quad y = r \sin\vartheta \sin\varphi\,; \quad z = r \cos\vartheta$$

verknüpft. Dabei bedeutet φ den Winkel in der XY-Ebene von der X-Achse aus gezählt, ϑ den Winkel zwischen dem Fahrstrahl r und der Z-Achse. Das vollständige räumliche Strahlungsdiagramm S lautet, wenn d der Abstand der untersten Reihe vom Erdboden, λ die Wellenlänge bedeutet[3],

$$S = \frac{8\,c\,I^2}{r^2\,\pi}\left\{\frac{\cos\left(\frac{\pi}{2}\cos\vartheta\right)}{\sin\vartheta}\right\}^2\left\{\frac{\sin\left(\frac{\pi}{2}N\cos\vartheta\right)}{\sin\left(\frac{\pi}{2}\cos\vartheta\right)}\right\}^2$$

$$\times\left\{\frac{\sin\left(\frac{\pi}{2}M\sin\vartheta\cos\varphi\right)}{\sin\left(\frac{\pi}{2}\sin\vartheta\cos\varphi\right)}\right\}^2\sin^2\left(\pi\left[\frac{2\,d}{\lambda}+\frac{M-1}{2}\right]\sin\vartheta\cos\varphi\right)$$

$$\times\sin^2\left(\frac{\pi}{4}\left[1+\sin\vartheta\sin\varphi\right]\right).$$

Dieses Diagramm setzt sich, von der Konstanten abgesehen, aus 5 Faktoren zusammen.

[3] R. Bechmann. Telef. Zg. 1929, H. 53, S. 54. — Jahrb. drahtl. Telegr. Bd. 36, S. 182 u. 201 (1930).

Der erste Faktor ist das Diagramm eines einzelnen Dipoles, eines Strahlers von der Länge $\lambda/2$;

der zweite Faktor gibt die Kombination der N Elemente zu einer Reihe;

der dritte Faktor gibt die Kombination der M Reihen zu der Strahlfläche;

der vierte Faktor berücksichtigt den Erdeinfluß, d ist der Abstand der untersten Elemente vom Erdboden;

der fünfte Faktor kennzeichnet die Wirkung der Reflektorebene.

Der obige Ausdruck gibt die räumliche Verteilung des Diagramms. Die Teildiagramme für die Schnittebenen erhält man, wenn man setzt

für die XY-Ebene $\vartheta = \pi/2$,
für die XZ-Ebene $\varphi = 0$,
für die ZY-Ebene $\varphi = \pi/2$.

Die Werte des Diagramms für die Richtungen der Achsen erhält man, indem man setzt

für die X-Achse $\varphi = 0$; $\vartheta = \pi/2$,
für die Y-Achse $\varphi = \pi/2$; $\vartheta = \pi/2$,
für die Z-Achse $\vartheta = 0$.

Das räumliche Strahlungsdiagramm läßt sich bildlich schlecht darstellen. Eine Darstellung der Teildiagramme, die mit experimentell aufgenommenen verglichen werden, findet sich in der Arbeit von K. Krüger u. H. Plendl[4].

[4] K. Krüger u. H. Plendl, Jahrb. drahtl. Telegr. Bd. 36, S. 5 (1930).

Die Entwicklung der Elektrizitätsversorgung Rumäniens.

Von Dipl.-Ing. **H. Thieß**, Hermannstadt.

Das Jahr 1930 stand im Zeichen einer verschärften Weltwirtschaftskrise, von der auch Rumänien, besonders infolge des starken Preissturzes auf dem Getreidemarkt, nicht verschont blieb. Dieser Depressionszustand mußte sich naturgemäß auch auf die Elektrizitätsunternehmungen ungünstig auswirken. In der Tat kann aus der neuen Statistik der Elektrizitätswerke Rumäniens für das Betriebsjahr 1930[1] entnommen werden, daß bei fast sämtlichen Werken nicht nur ein Stillstand, sondern z. T. sogar ein Rückgang in der Produktion elektrischer Arbeit eingetreten ist.

Die Entwicklung der Elektrizitätsversorgung Rumäniens beginnt im Jahr 1884 mit der Inbetriebsetzung des Elektrizitätswerks Temesvár. 1888 folgte Bukarest mit der Einführung der elektrischen Straßenbeleuchtung, während 1889 die Firma Schmidt und Dachler[2] in Caransebes (Banat) die erste Wechselstromanlage im heutigen Rumänien mit 2000 V in Betrieb setzte. Es ist bemerkenswert, daß dieses Unternehmen fünf Jahre später durch die Firma Ganz & Co., Budapest, ein Wasserkraftprojekt an der Barsa bei Herkulesbad ausarbeiten ließ, bei dessen Verwirklichung die Städte Orşova und Turn-Severin durch 10 kV-Leitungen mit elektrischer Arbeit hätten versorgt werden sollen. Die Ausführung dieses Planes scheiterte an der Weigerung der damaligen rumänischen Regierung, Strom über die damalige Grenze nach Turn-Severin auszuführen.

Obwohl nun Rumänien über reichliche Vorräte an Kohle, Erdöl, Erdgas und Wasserkräften verfügt, ist mit der Entwicklung der Elektrizitätswirtschaft, besonders im letzten Jahrzehnt, nicht Schritt gehalten worden. Die Ursache kann vorwiegend auf die bisherige Gesetzgebung zurückgeführt werden, da dadurch das ausländische Kapital keinen Anreiz fand, sich an der Errichtung größerer Elektrizitätsanlagen zu beteiligen. Erst das Jahr 1930 brachte in dieser Hinsicht einen bedeutsamen Umschwung, indem das neue Energiegesetz in Kraft trat[3]. Die Folge war, daß bereits in demselben Jahr eine erhöhte Investitionstätigkeit einsetzte, die sich 1931 noch weiter steigerte. Außer den Wasserkraft- und Wärmekraftanlagen im Prahovatale bei Dobreşti und Schitu Goleşti, die eine ungefähre Leistung von zusammen 45 000 PS aufweisen werden und deren 66- bzw. 111 kV-Leitungen für die Kraftübertragung aus der Gegend von Sinaia und Campulung bis nach Bukarest sorgen, macht auch die Elektrisierung Siebenbürgens große Fortschritte. So ist durch die Siebenbürgische Elektrizitäts-AG. „Seta" mit dem Bau der 60 kV-Leitung von Hermannstadt über Mediasch bis zur bestehenden 30 000 PS-Dampfkraftanlage in Diciosânmärtin begonnen worden, um die Stromversorgung in den Komitaten Weißenburg (Alba), Hunyad (Hunedoara), Hermannstadt (Sibiu), Groß- und Kleinkokeln (Târnava mare und Târnava mică), Marosch (Mureş) und Udvarhely (Odorheiu) in großzügiger Weise zu betreiben. Ebenso ist die 60 kV-Leitung von Klausenburg bis zur neuen thermoelektrischen Kraftanlage bei Aghires der Elektrizitätsunternehmung „Sorecani" im Bau. In der Gegend von Kronstadt wird in kurzer Zeit die Compagnie Italo-Belge („CIBE") ihre Arbeiten aufnehmen, während im Banat das Elektrizitätswerk Temesvár (Timişoara) und die Elektrizitäts-Verteilungsgesellschaft „Elgiba" mit einer großzügigen Stromversorgung dieses Bezirks beschäftigt sind. Wegen Großwardein (Oradea) und Umgebung verhandelt die United Light and Power Co. Für die Elektrisierung der Moldau befindet sich ein Projekt der Pariser Union Electrique Rurale in Vorbereitung, das die Errichtung eines großen Wasserkraftwerks (55 000 PS) bei Criveşti am Sereth (Distrikt Jassy) vorsieht. Schließlich interessiert sich für die Stromversorgung von Bukarest die Electric Bond & Share Co. (Kommerzialisierung der hauptstädtischen Elektrizitätswerke). Demnach ist überall im Lande eine erhöhte Tätigkeit erkennbar, ein Zeichen dafür, daß das Ausland bereit ist, an der Erstarkung der Volkswirtschaft Rumäniens mitzuhelfen.

Was nun die statistische Erfassung der Elektrizitätswerke Rumäniens betrifft (s. Abb. 1), so muß bemerkt werden, daß es in Ermangelung geeigneter Unterlagen nicht möglich ist, aus früheren Jahren zusammenfassende Daten anzugeben. Erst die Statistik für 1925 bringt hierüber einigen Aufschluß, auf Grund deren eine Gesamterzeugung an elektrischer Arbeit der öffentlichen Elektrizitätswerke und Eigenanlagen von etwa 400 Mill kWh bei einer installierten Leistung von 150 000 kW ermittelt wurde. Für das Jahr 1927 kann mit einer Produktion von 500 Mill kWh

[1] Zu beziehen durch die Vereinigung der Elektrizitätswerke, Hermannstadt-Sibiu. Preis 13 RM.

[2] Der Vater des Altmeisters der Elektrizitätsversorgung Siebenbürgens, des Generaldirektors S. Dachler, Hermannstadt, seit 1920 Präsident der Vereinigung der Elektrizitätswerke Rumäniens.

[3] Deutsche Übersetzung im Monatsheft der Deutsch-Rumänischen Handelskammer, Berlin 1930, Heft 5/6.

Komitate

1. Alba
2. Arad
3. Argeș
4. Bacău
5. Baia
6. Bălți
7. Bihor
8. Botoșani
9. Brașov
10. Brăila
11. Buzău
12. Cahul
13. Caliacra
14. Caraș
15. Câmpulung
16. Cernăuți
17. Cetatea Albă
18. Ciuc
19. Cluj
20. Constanța
21. Covurlui
22. Dâmbovița
23. Dolj
24. Dorohoi
25. Durostor
26. Făgăraș
27. Fălciu
28. Gorj
29. Hotin
30. Hunedoara
31. Ialomița
32. Iași
33. Ilfov
34. Ismail
35. Lăpușna
36. Maramureș
37. Mehedinți
38. Mureș
39. Muscel
40. Năsăud
41. Neamț
42. Odorheiu
43. Olt
44. Orhei
45. Prahova
46. Putna
47. Rădăuți
48. Râmnicu-Sărat
49. Roman
50. Romanați
51. Sălaj
52. Satu-Mare
53. Severin
54. Sibiu
55. Someș
56. Soroca
57. Storojineți
58. Suceava
59. Târnava-Mare
60. Târnava-Mică
61. Tecuci
62. Teleorman
63. Tighina
64. Timiș-Torontal
65. Trei-Scaune
66. Tulcea
67. Turda
68. Tutova
69. Vaslui
70. Vâlcea
71. Vlașca

Zeichenerklärung:

- Wasserkraft
- Dampfkraft
- Dieselmotor
- Gasmotor
- Benzinmotor

- 3000 ÷ 60000 Volt
- 60 kV ÷ 110 kV
- im Bau
- projektiert

Abb. 1. Die Elektrizitätsversorgung Rumäniens 1930.

bei 230 000 kW gerechnet werden[4], während 1929 570 Mill kWh bei 290 000 kW Maschinenleistung aufweist[5].

Wie bereits eingangs erwähnt, ist im Jahr 1930 eine Stagnation eingetreten, die aber allem Anschein nach von kurzer Dauer sein wird. Die Zahlentafeln 1 bis 3 zeigen zunächst die Art der Betriebskraft, die Leistungsfähigkeit und die Jahreserzeugung der öffentlichen Elektrizitätswerke.

1. Art der Betriebskraft und Leistung.

Antriebsmaschinen	Zahl	Gesamtleistung kW	% der Gesamtleistung	mittlere Einzelleistung kW
Wasserturbinen	67	32 000	17,2	477
Dampfmaschinen	82	94 100	51,0	1 150
Dieselmotoren	268	56 000	30,3	210
Gas- und Benzinmotoren	34	2 700	1,5	80
lt. Statistik 1930	451	184 800		410
lt. Statistik 1929	448	169 000		380

2. Jahreserzeugung nach Art der Kraftquelle.

Kraftquelle	Jahreserzeugung Mill kWh	% der Gesamterzeugung	mittlere jährl. Benutzungsdauer h	Ausnutzungsfaktor %
Wasser	42,0	13,8	1 310	15
Dampf	166,0	54,6	1 760	20
Öl	92,0	30,3	1 640	18,7
Gas und Benzin	4,0	1,3	1 480	16,9
lt. Statistik 1930	304,0		1 650	18,8
lt. Statistik 1929	290,0		1 720	19,6

In Zahlentafel 2 fällt die geringe Benutzungsdauer der Wasserkraftanlagen mit 1310 Jahresstunden auf. Dieser Umstand ist auf den Ausbau der noch nicht ausgenutzten Wasserkraftanlage bei Dobreşti in der Gegend von Sinaia zurückzuführen. Dadurch erscheint auch die Durchschnittszahl von 1720 h des Jahres 1929 auf 1650 h für das Jahr 1930 herabgedrückt.

Zahlentafel 3 gibt Aufschluß über die Art der Stromerzeugung. Aus ihr ist zu entnehmen, daß trotz der vielen Gleichstromanlagen (53 %) deren Leistungen nur 15 % betragen, während 82 % der Gesamtleistung auf Drehstrom entfallen. Dieses Bild dürfte sich nach Ablauf einiger Jahre noch weiter zugunsten des letzteren Systems verschieben.

3. Art der Stromerzeugung.

Stromart	Zahl der öffentlichen Werke	Gesamtleistung kW	% aller Werke	% der Gesamtleistung
Gleichstrom	82	27 300	53	14,8
Ein- u. Zweiphasenstrom	3	5 500	2	3,0
Drehstrom	70	152 000	45	82,2
lt. Statistik 1930	155	184 800		
lt. Statistik 1929	157	169 000		

Erzeugung und Leistungsfähigkeit der Betriebe sind, geordnet nach der Unternehmungsform, in Zahlentafel 4 angegeben.

4. Leistung und Erzeugung nach der Unternehmungsform.

Eigentumsverhältnis	Zahl der Betriebe	Leistung 1000 kW	Erzeugung Mill kWh	Benutzungsdauer h
Öffentliche Werke	155	184,8	304,0	1 650
Eigenanlagen rd.	.	120,0	246,0	2 050
Insgesamt 1930	.	304,8	550,0	1 780
„ 1929	.	290,0	570,0	1 970

Aus dieser Übersicht ergibt sich für das Jahr 1930 eine Gesamtproduktion an elektrischer Arbeit von rd. 550 Mill kWh, d. s. um 20 Mill kWh weniger als für 1929 ermittelt wurde.

Entsprechend der wachsenden Bedeutung der Fernversorgung hat man das Hochspannungsnetz erheblich ausgebaut; seine Gesamtlänge beträgt rd. 1400 km, wovon ungefähr ein Viertel auf die 60- und 110 kV-Leitungen entfällt.

[4] ETZ 1928, S. 1190.
[5] ETZ 1930, S. 1335.

Hinsichtlich der Tariffrage sei auf Zahlentafel 5 hingewiesen, die einen Vergleich mit dem Strompreis der Vorkriegszeit ermöglicht.

5. Mittlerer Lichtstrompreis und dessen Teuerungsfaktor, bezogen auf den Preis der Vorkriegszeit.

Jahr	Mittlerer Lichtstrompreis Lei/kWh	Teuerungsfaktor	Mittelwert des schw. Fr in Lei Dezember
1914	0,70	—	1,00
1920	2,40	3,40	13,50
1923	6,50	9,30	34,50
1925	14,00	20,00	42,00
1927	16,00	23,00	31,80
1930	17,20	24,60	32,68
1931	16,50	23,30	32,45

Die Elektrizitätswerke haben, wenn man die Durchschnittsstrompreise betrachtet, weder mit der Wertverminderung des Leu Schritt gehalten, da z. B. im Februar 1931 der mittlere Strompreis nur um das 23,3 fache gegenüber dem Preis der Vorkriegszeit gestiegen ist statt um das 32,45fache, wie es beim Leu der Fall ist, noch hatten sie die Möglichkeit, sich dem Durchschnittspreis der übrigen Warenartikel anzupassen, bei dem das Gesamtmittel eine 46fache Steigerung aufweist. Schon dieser kurze Hinweis zeigt, daß die vielen Ratschläge und manchmal auch scharfen Kritiken der Abnehmer und Behörden in keiner Weise gerechtfertigt erscheinen.

Zum Schluß folgen noch einige Angaben über die Jahreserzeugung und die Strompreise einiger größerer Elektrizitätsunternehmungen des Landes:

Name	Jahreserzeugung 1929 Mill kWh	Jahreserzeugung 1930 Mill kWh	Strompreis für Licht Lei/kWh	Strompreis für Kraft[6] Lei/kWh
Öffentliche Werke:				
Bukarest	75,5	89,5	13[6]	7
Temesvár	16,8	16,8	15[6]	7,50
Klausenburg	14,1	14,0	11	8,50
Hermannstadt	12,6	12,5	12[6]	6
Kronstadt	10,2	9,4	16	8
Arad	8,7	8,8	16	7
Großwardein	8,2	8,2	18[6]	8,50
Jassy	6,0	7,2	16[6]	7
Eigenanlagen:				
Diciosânmartin „Nitrogen"	72,0	40,5	—	—
Resita Eisenwerk	59,0	66,7	—	—
Campina	28,5	19,7	—	—

[6] Mit Rabatten.

Elektrischer Antrieb einer 900 t-Presse.

Eine der größten Pressen, die es zum Pressen von Schweißeisenblöcken gibt, ist die in dem neuen Schweißeisenwerk Byers in Economy, Pa., aufgestellte Presse[1], die auf einem Betonunterbau von 5,5 m ruht. Die Presse selbst ist 15 m lang, 11,5 m breit und 5,5 m hoch. Die wichtigsten Teile sind aus Stahlguß; die einzelnen Stücke wiegen 15 ... 60 t. Für den Antrieb der Presse wurden Elektromotoren gewählt. Die Bearbeitung der Luppe erfolgt so, daß sie bei einem Gewicht von 2700 kg in die Preßkammer der Presse von 2,4 × 2,4 × 2,4 m gebracht und zunächst durch den durch einen Elektromotor von 1200 PS angetriebenen Hauptkolben in Längsrichtung gepreßt wird, wobei der Kolben einen Druck von 900 t auf die Luppe ausübt. Dann stoßen von beiden Seiten 2 andere Kolben, von denen jeder durch einen Motor von 325 PS angetrieben wird, gegen die Seitenflächen, wobei sie einen Druck von 100 t ausüben. Durch 65 PS-Motoren angetriebene Greifer erfassen den Block, drehen ihn um, worauf die Preßarbeit wiederholt wird, bis die gewünschte Form und Größe erreicht ist. Die Abmessungen des Blockes sind schließlich 0,41 × 0,61 × 1,67 m. Von der Presse aus wird der Block auf mechanische Weise zur Blockwalze gebracht. Der Hauptkolben der Presse geht in seine Anfangstellung zurück, sobald der Block die Presse verlassen hat, und kann sofort die Bearbeitung der nächstfolgenden Luppe vornehmen. Die Leistungsfähigkeit der Presse, d. h. die Überführung der Luppe in einen Block für die Blockwalze, ist: 1 Block alle 2 min oder rd. 1800 t im Tag. *Kp.*

[1] The Iron Age Bd. 127, S. 945 u. 992.

RUNDSCHAU.

Elektromaschinenbau.

Graphische Stromwandlerberechnung[1]. — Die zur Berechnung von Stromwandlern angewendeten Methoden nehmen vorzugsweise auf den „Meßwandler" Bezug; sie beschränken sich daher auf die Ermittlung der Stromfehler und Fehlwinkel für das Unterstromgebiet zwischen Vollstrom und 10 % des Vollstromes. Für den „Relaiswandler" sind völlig andere Gesichtspunkte maßgebend; er arbeitet meist im Überstromgebiet, und es kommt bei ihm darauf an, eine möglichst hohe Leistung zu erzielen und sein Verhalten bei großen Bürden und Überströmen zu kontrollieren. Es interessieren ferner die schnelle Bestimmung der günstigsten sekundären Windungszahl, die klare Übersicht über den Einfluß von Änderungen bezüglich Übersetzung, Eisenquerschnitt, Bürde u. a. m. auf Leistung und Fehlergrößen u. dgl.

Die „Graphische Stromwandlerberechnung" setzt sich zur Aufgabe, diese mannigfaltigen Rechnungen schnell und übersichtlich zu lösen, ohne Ansprüche an höchste Genauigkeit zu stellen. Das Verfahren besteht darin, die Magnetisierungskurve von Transformatorblech unter Einführung geeigneter Konstanten so darzustellen, daß Kurvenscharen für die Berechnung bestimmt formulierter Aufgaben gewonnen werden. Es entsteht so eine Reihe von Diagrammen mit den Konstanten $\mathfrak{B}/aw_2$ (Widerstandskennzahl) und $\mathfrak{B}\cdot aw_2$ (Leistungskennzahl), wobei als Abszisse jedesmal die primäre AW-Zahl aw_1 des Wandlers gewählt wurde. Dies bedeutet, daß jede Rechnung von dem gegebenen Primärstrom des Wandlers aus durchgeführt werden kann, was bei den bekannten Rechnungsweisen nicht der Fall ist. Ermöglicht wurde dies durch Annahme von Phasengleichheit für die Ströme I_1, I_0 und I_2, eine Voraussetzung, die bei induktiv belasteten Relaiswandlern meistens erfüllt wird.

Ein graphisches Verfahren hat stets gegenüber einer rein rechnungsmäßigen Methode den Vorzug größter Beweglichkeit und Übersichtlichkeit. So kann in einfacher Weise nachgewiesen werden, daß die graphische Stromwandlerberechnung tatsächlich jede beliebig gestellte Aufgabe eines Relaiswandlers in bezug auf Leistung, Fehlergröße, Überstromziffer u. a. m. lösen kann. Es ist auch gleichgültig, ob eine Vorausberechnung oder eine Nachkontrolle vorgenommen werden soll. Natürlich müssen die Wandlerkerne aus der Blechsorte gebaut werden, deren Magnetisierungskurve den berechneten Diagrammen zugrunde gelegt wurde. Wegen der Annahme gleicher Phase für die drei Ströme macht aber die Anwendbarkeit des Verfahrens auf Meßwandler zwecks Bestimmung der genauen, zueinander gehörigen Stromfehler und Fehlwinkel für gegebene Bürde und Leistungsfaktor zunächst Schwierigkeiten. Die Benutzung eines weiteren, rein mathematisch entwickelten Diagrammes, in das die aus dem exakten Stromwandlerdiagramm entnommenen Größen zweckmäßig eingeführt werden, macht die graphische Stromwandlerberechnung jedoch auch für Meßwandler gut geeignet. Die erzielte Genauigkeit ist durchaus befriedigend. (W. Fleischhauer, Wiss. Veröff. Siem.-Konz. Bd. 10, S. 98.) *Sb.*

Apparate.

Neue Anwendungen der Großgleichrichter für Spannungs- und Leistungsregelung usw. — M. Schenkel und J. v. Issendorff berichten über die Anwendungsmöglichkeiten von gesteuerten Quecksilberdampf-Gleichrichtern großer Leistung auf den Gebieten der Spannungs- und Leistungsregelung, der Energieübertragung mit Hilfe hochgespannten Gleichstromes und der Frequenzumformung. Die Ausführungen beanspruchen z. Z. deshalb praktische Beachtung, weil es den SSW gelungen ist, die innere Konstruktion der Vakuumapparate und ihre Steuereinrichtungen so durchzubilden, daß Leistungen von einigen tausend kW mit sehr geringen Steuerleistungen bewältigt werden können. Verwendet werden hierzu die Großgleichrichter der normalen Typenreihe mit entsprechendem innerem Ausbau.

Während das Steuergitter in der Hochvakuumröhre eine beliebige Beeinflussung des durch die Röhre durchgehenden Stromes erlaubt, gestattet dies die gleiche Steuereinrichtung im Großgleichrichter nicht, sobald ionisierter Quecksilberdampf das Steuergitter umgibt. Es ist also möglich, mit dem Steuergitter im Gleichrichter einen Strom zu einer bestimmten Zeit einsetzen zu lassen; wenn aber dieser Strom eingesetzt hat, so muß man den Strom alsdann entsprechend der zugeführten Wechselspannung ablaufen lassen, bis die Wechselspannung zu Null geworden ist. Dieser Vorgang ist für eine Einzelanode eines Gleichrichters in Abb. 1 dargestellt. Man erkennt eine Anode, in deren

Abb. 1. Erläuterung des Stromflusses bei Verwendung eines Steuergitters im Großgleichrichter.

a_1	Transformator 50 Hz	c	Steuerspannung 50 Hz
a_2	„ 16⅔ Hz	d	„ 16⅔ Hz (regelbar)
b	Entladungsapparat		

Abb. 2. Frequenzumformung mit gesteuerten Umrichtern.

Schutzrohr ein Steuergitter angebracht ist, welchem eine Gleichspannung E_{st} und eine sinusförmig veränderliche Spannung E_G zugeführt wird (DRP. angemeldet). Durch die Verknüpfung dieser beiden Spannungen entsteht an dem Steuergitter eine Spannung, welche die zum Zünden des Gitters erforderliche Höhe E_{zG} je nach Einstellung der Gleichspannung E_{st} zu verschiedenen Zeiten erreicht, und die Anode somit zu verschiedenen Zeiten zündet. Mit

[1] W. Fleischhauer, Dissertat. T. H. Berlin 1930.

dem Anodenstrom regelt man gleichzeitig die wirksame Spannung und die abgegebene Leistung.

Bei richtiger Ausnutzung der Steuerung kann man erreichen, daß der Strom dann durch die Anoden fließt, wenn die zugehörigen Wechselspannungen negativ sind. In diesem Falle wird Energie vom Gleichstromnetz in das Drehstromnetz zurückgeliefert. Es ist also möglich, mit den neu entwickelten Steuergleichrichtern Gleichstrommotoren von 1000 kW und mehr vom Stillstand bis zur vollen Drehzahl und Leistung anzufahren, dieselben nach Umpolen der Erregung abzubremsen und in der andern Drehrichtung laufen zu lassen. Dies kann für alle Regelantriebe, für Walzwerkmotoren, Förderantriebe, u. U. auch für Gleichstrom-Bahnbetriebe von großer Bedeutung werden.

Darüber hinaus kann man die Steuergleichrichter in der beschriebenen Schaltung auch benutzen, um ständig Gleichstromenergie in Drehstromenergie umzuformen. In seiner Anwendung auf Hochspannungs-Gleichrichter, die als solche bis zu Spannungen von 30 kV von den SSW entwickelt wurden, interessiert diese Art der Energieumformung besonders im Zusammenhang mit den Projekten der Energieübertragung auf weite Strecken mit hochgespanntem Gleichstrom.

Überlagert man den Steuerspannungen eine niederfrequente Wechselspannung, so bekommt man eine ständig veränderliche Gleichspannung und bei richtiger Schaltung der Einrichtung (s. Abb. 2) eine Wechselspannung der gewünschten niederen Frequenz. Diese Schaltung ist von größtem praktischen Interesse z. B. für die Umformung von Drehstromenergie von 50 Hz in Wechselstromenergie von 16⅔ Hz für Bahnzwecke.

Man kann aus dem Erwähnten ersehen, daß die Weiterentwicklung der Steuergleichrichter mannigfaltige Umwälzungen in dem bisherigen Aufbau der Verteilung der elektrischen Energie mit sich bringen kann. (M. Schenkel u. J. v. Issendorff, Siemens-Z. Bd. 11, S. 142.) *Jm.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

Einige Meßgeräte der General Electric Co. — Unter den in letzter Zeit entwickelten Neuerungen der GEC sind die folgenden Meßeinrichtungen zu erwähnen:

Benzinvorrats-Messer für Flugzeuge. — Der Apparat mißt den hydrostatischen Druck des Vorrates mit Hilfe einer Elementbatterie, eines durch den zu messenden Druck verstellten Widerstandes und eines Gleichstrom-Galvanometers als Anzeigeinstrument, das in Liter geeicht ist. Die Wirkungsweise zeigt Abb. 3. Der Druck des Gewichtes W wird durch den Aufwärtszug des Solenoides S aufgehoben. Der Strom in diesem kann mit dem Regelwiderstand R eingestellt werden, so daß in der Gleichgewichtsanlage die Marke P gerade einspielt. Der Strommesser kann also an Stelle von „Ampere" „Kilogramm" anzeigen. Das Austarieren erfolgt aber selbsttätig, die Anordnung ist genau die gleiche, nur mit dem Unterschied, daß der Widerstand als Kohleplatten-Druckwiderstand unter der Wiegeschale liegt und sich dem Druck der Wiegeschale entsprechend einstellt. Wenn man ein Gewicht W auf die Schale stellt, so drückt es zunächst die Kohleplatten zusammen, dadurch wächst der Strom im Solenoid, das den Druck auf die Kohleplatten aufzuheben versucht. Gleichgewicht besteht, wenn der Strom im Solenoid gerade die Belastung im Gleichgewicht hält.

Abb. 3. Darstellung der Wirkungsweise des Benzinvorrats-Messers.

Temperatur-Meßeinrichtungen für Flugzeuge. — Bei luftgekühlten Motoren ist es zweckmäßig, die Temperatur der Zylinderköpfe und -wandungen zu messen. Die GEC hat dafür Thermoelemente mit dem Meßbereich 100 ... 650 ° F (38 ... 343 ° C) entwickelt, bei denen die Fehler der Umgebungstemperatur im Anzeigeinstrument durch ein magnetisches Gegendrehmoment, bedingt durch temperaturempfindliches Material (Calmalloy[1]), kompensiert sind. Bei den extremsten überhaupt vorkommenden Temperaturschwankungen der Luft beträgt der Anzeigefehler nicht mehr als 10 ° F = 5,5 ° C.

Thermoelement für max. 2400 ° C. — Zur Temperaturmessung in Stahl- oder Quarzschmelzen hat die GEC das auch in Deutschland schon bekannte Wolfram-Graphit-Element technisch entwickelt. Nähere Angaben fehlen, so daß es leider nicht möglich ist, zu erfahren, wie die schwierige Verbindung zwischen dem Graphitrohr und dem Wolframstahl hergestellt wurde.

Verkehrszählung mit photo-elektrischer Zelle. — An einem Ende des Holland-Tunnels unter dem Hudson-River wird die dauernde Belichtung einer Photozelle jedesmal beim Passieren eines Kraftwagens unterbrochen, dadurch ein schwacher elektrischer Impuls gegeben, der verstärkt schließlich ein Registrierdiagramm oder ein Zählwerk im Verwaltungsgebäude betätigt.

Fernüberwachung. — Für die New York Edison Co. wurde die Stellung von 138 Ölschaltern in der Hell Gate Station unter Verwendung synchroner Wählschalter auf vier gemieteten Telephonleitungen übertragen.

Wandler-Meßsatz für 220 kV. — Die GEC hat für diese Spannung Strom- und Spannungswandler (Messung in jeder Phase gegen Erde) in einem einzigen Ölkessel mit einer einzigen Durchführung vereinigt. Der Spannungswandler ist in besonderer Weise geschirmt, um ihn sprungwellenfest zu machen. Der Stromwandler ist eine Schenkeltype, ohne bemerkenswerte Einzelheiten 1 : 2 : 4 primär umschaltbar. Daten dieses Meßsatzes sind:

Länge der Durchführung	5,5	m
Gewicht der Durchführung . . .	1 800	kg
Gesamtgewicht einschl. Öl	34 500	„

Zweifellos handelt es sich hier um die größten Meßwandler, die bisher gebaut wurden. Deutsche Ausführungen erreichen indessen dasselbe Ziel mit etwa ⅕ des Gesamtgewichtes.

Impulsfrequenz-Fernmessung. — An Stelle der üblichen Kondensatorladung und -entladung verwendet die GEC eine eisenhaltige gesättigte Drossel, die primär die Impulse des Sendezählers erhält. Die sekundären Stromstöße, die dem Anzeigeinstrument zugeführt werden, sind unabhängig von der Höhe der Hilfspannung. Für den Endausschlag beträgt die Impulsfrequenz 2 ... 3 in der Sekunde.

Würfelinstrumente. — Nach dem Vorbild der Weston Co. baut nun auch die GEC die Würfeltype mit den Maßen 152 · 140 · 88 mm mit einem nicht spiegelnden (auf der Oberfläche getrübten) Glas. (J. Liston, Gen. El. Rev. Bd. 33, S. 5 [Jahresbericht der GEC].) *Kth.*

Heizung. Öfen.

Zur Rentabilitätsfrage verschiedener Kochplattenkonstruktionen[1]. — J. Opacki untersucht die praktischen Betriebskosten bei Wärmeleitungsplatten und bei Wärmestrahlungskochgeräten. Die nachstehenden Diagramme geben Aufschluß über das Verhalten der beiden Kochplattentypen:

Wärmeleitungsplatte (Abb. 4):

Anschlußwert	1200	W
Plattendurchmesser	220	mm
Eigenkapazität	70	Wh
Transmissions-Wirkungsgrad . .	88	%
Kapazität des Gefäßes . . .	20	Wh
mittlere Regelstufe	600	W
kleinste Regelstufe	250	W

Wärmestrahlungsgerät (Abb. 5):

Anschlußwert	600	W
Plattendurchmesser	220	mm
Eigenkapazität	30	Wh
Transmissions-Wirkungsgrad . .	78	%
Kapazität des Gefäßes	5	Wh
mittlere Regelstufe	300	W
kleinste Regelstufe	150	W

Die Verbrauchsziffern für die einzelnen Kochvorgänge ergeben in ihrer Auswertung, daß die Strahlungsplatte um 17 % weniger Strom benötigt als die Leitungsplatte, auch hat die Strahlungsplatte nur 39 % der kapazitiven Verluste der Leitungsplatte, dafür sind bei ihr die Kochzeiten um 44 % länger als bei der Leitungsplatte, wobei allerdings zu berücksichtigen ist, daß sie nur den halben Anschlußwert der Leitungsplatte besitzt.

Die Verbesserung einer Platte von 120 Wh Eigenkapazität und 76 % Transmissionswirkungsgrad auf nur 90 Wh Eigenkapazität und 82 % Wirkungsgrad ergibt

[1] Vgl. J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 49, S. 343 (1930).

[1] Vgl. ETZ 1931, S. 269. 355.

rechnerisch ausgewertet folgendes: Die Verdampfungskonstante für 0,07 l (dieser Wert wurde als erfahrungsgemäß günstigstes Prüfquantum verwendet) von rd. 9 ° C Anfangstemperatur beträgt 51,16 Wh[*1]. Bei 76 % Wirkungsgrad ergibt sich ein Arbeitsverbrauch von 67,32 Wh, bei der Platte von 82 % von nur 62,39 Wh. Die Differenz aus diesen Effektivwerten und der Konstante ergibt die Gesamt-Transmissionsverluste mit 16,16 bzw. 11,23 Wh. Aus den vorerwähnten Effektivwerten und dem Anschlußwert errechnet sich die konstante Verdampfungszeit für die erste Platte mit 2 m 42 s und für die zweite mit 2 m 30 s. Die beiden Diagramme Abb. 6 und Abb. 7 sind aus diesen Werten konstruiert, wozu erwähnt sei, daß die Verdampfungszeit der ersten Verdampfung aus den Effektivwerten zuzüglich Kapazität der Kochplatte und des Kochgefäßes errechnet wird. Durch die vorbeschriebene Verbesserung der Platte konnte für das Sieden von 1 l Wasser eine Zeitkürzung von 1,5 min erreicht werden.

Aus dem Vorgesagten ergibt sich für die Bewertung von Kochplatten die Wichtigkeit von: Übertragungswirkungsgrad, Eigenkapazität, Höhe der kleinsten Regelstufe (um Stromverschwendung beim Weiterkochen zu vermeiden).

Zur allgemeinen Bewertung von Kochplatten empfiehlt es sich, nach den Gewohnheiten der einzelnen Länder deren Normal-Tageskonsum aufzustellen. Kennt man Übertragungswirkungsgrad und Eigenkapazität des Kochgerätes, muß der Tagesstromkonsum auf Grund der Normal-Tageskonsumtafel ausgerechnet werden. Nimmt man an, daß die nach dem Normaltageskonsum auflaufende Kapazität nicht ausgenutzt wird (kein Wasseranwärmen, da Speicher vorhanden usw.), so ergibt sich für die Bewertung in Abänderung der Tafel II in der früheren Arbeit von Opacki eine neue Tafel, in welcher der Tagesverbrauch an Strom, aufgebaut auf der Normalkonsumtafel, derart reduziert ist, daß die beste Kochplatte 100 Wertungspunkte aufweist; das Plus der anderen Platten zeigt direkt in %, um wieviel der Tagesstromkonsum bei ihnen höher ist. Die beste Platte in der neuen Tafel ist eine Wärmestrahlungsplatte mit einem Übertragungswirkungsgrad von 78 % und einer Eigenkapazität von 30 Wh bei einem Anschlußwert von 600 W und einem Durchmesser von 220 mm. Interessant ist, daß durch die neue Bewertung die Reihenfolge der Platten in der seinerzeitigen Tafel nicht geändert wurde, sondern sich nur eine Verminderung der Qualitätsunterschiede ergeben hat. (J. O p a c k i, Bull. SEV Bd. 21, S. 265.) *H. T.*

reine Verdampfungsarbeit — Kapazität der Kochplatte — Kapazität des Kochtopfes — Transmissionsverluste

Abb. 4. Charakteristik der Wärmeleitungsplatte.

Abb. 5. Charakteristik des Wärmestrahlungsgerätes.

Abb. 6. Rechnerisches Diagramm für Kochplatte mit 120 Wh Eigenkapazität und 76 % Transmissionswirkungsgrad.

Abb. 7. Rechnerisches Diagramm für Kochplatte mit 90 Wh Eigenkapazität und 82 % Transmissionswirkungsgrad.

Bahnen und Fahrzeuge.

Der Spannungsabfall in Fahrleitungen und Schienen elektrischer Bahnen. — Der Zweck eines Aufsatzes von B e n d a und V o i g t l ä n d e r ist, die Spannungs- und Stromverhältnisse in Fahrleitungen und Schienen elektrischer Bahnen, die Erkenntnisse auf diesem Gebiet zusammenfassend, darzustellen. Nachdem zuerst ganz kurz die ältere Berechnungsweise der Scheinwiderstände gezeigt ist, werden die genauen Gleichungen für die Stromverhältnisse in den Schienen abgeleitet und dann die Formeln für den Gesamtspannungsabfall aufgestellt. Es folgen schließlich eine Betrachtung der Konstanten von Fahrleitung und Gleis sowie Anwendungsbeispiele, die mit Messungen aus der Praxis verglichen werden. Es zeigt sich, daß durch die ältere Betrachtungsweise die tatsächliche Stromverteilung in den Schienen nur sehr unvollkommen erfaßt wurde, weil der Fahrdrahtstrom nicht mit seinem vollen Betrage in den Schienen zurückfließt und der früher vielfach verwendete Faktor zur Erfassung der Stromentweichung in die Erde nicht der Wirklichkeit entsprach. Die genaue Theorie dagegen liefert gute Übereinstimmung mit den Messungen, wie die folgenden Zahlen beweisen mögen. Einem errechneten Wert des kilometrischen Scheinwiderstandes für eine eingleisige Strecke von $\mathfrak{R} = 0{,}18 + j\,0{,}177 = 0{,}253 \cdot e^{+j\,44^\circ 33'}$ steht ein in Bayern gemessener Wert von $\mathfrak{R} = 0{,}17 + j\,0{,}2 = 0{,}26 \cdot e^{+j\,40^\circ}$ gegenüber, also gute Übereinstimmung im Betrage und hinreichende in der Phase. Nach der älteren Methode ergibt sich, wenn keine Stromentweichung berücksichtigt wird, $\mathfrak{R} = 0{,}19 + j\,0{,}248 = 0{,}312 \cdot e^{+j\,52^\circ 30'}$; hier ist also nur bei der reellen Komponente, wie ja auch kaum anders zu erwarten war, gute Übereinstimmung erreicht, während die imaginäre Komponente und damit Betrag und Phase zu groß erscheinen. Erst wenn man im Vergleich zu früher verwendeten Stromentweichungsfaktoren sehr kleine Werte ansetzt, läßt sich auch mit der älteren Methode hinreichende Übereinstimmung erlangen. (E. R. B e n d a u. H. V o i g t l ä n d e r, Wiss. Veröff. Siem.-Konz. Bd. 10, S. 78.) *Sb.*

Fernmeldetechnik.

Die Fortleitung hochfrequenter elektrischer Schwingungsenergie. — In einer Arbeit von R o o s e n s t e i n[1] werden Versuche beschrieben, die im Telefunken-Laboratorium ausgeführt wurden. Zunächst wird, ausgehend von der Form, die die Telegraphengleichungen für sinusförmige Wechselströme annehmen, der Spannungsverlauf in der Nähe des Knotens einer stehenden Leitungswelle untersucht. Die Entfernung zwischen den Punkten an beiden Seiten eines Knotens, wo die Spannung $\sqrt{2}$mal der Spannung im Minimum ist, wird mit „Knotenbreite" bezeichnet. Es wird gezeigt, daß die Leistung, die die Leitung führt, als Funktion der Spannung im Spannungsbauch und der Knotenbreite ausgedrückt werden kann; auch die Dämpfung β kann für den Fall einer am Ende verlustfrei geschlossenen Leitung aus der Knotenbreite gefunden werden. Zur praktischen Messung der Knotenbreite wird ein Instrument angegeben, mit dem der Spannungsverlauf auf einer Leitung gemessen werden kann, ohne denselben zu beeinflussen. Die mit dieser Methode gefundenen Dämpfungen werden mit den theoretischen Werten verglichen. Es wird gezeigt, daß der Zustand der Oberfläche des Leitungsmaterials selbst bei hohen Frequenzen ($2 \cdot 10^7$ Hz) keinen merklichen Einfluß auf die Leitungsdämpfung hat. Dagegen erhöhen feuchte Isolatoren die Dämpfung ungefähr auf das Doppelte, während ihre Kapazität eine Verstimmung der Leitung verursacht. Aus den Versuchen folgt, daß die Strahlung der praktisch üblichen Leitungen sehr gering ist.

Es wird eine einfache Formel für den Wirkungsgrad einer Leitung angegeben, bei der der Widerstand des Verbrauchers nicht dem Wellenwiderstand angepaßt

[*1] O p a c k i, Untersuchungen an elektrischen Kochplatten, Bull. SEV 1929, S. 447.

[1] Dissertation T. H. Dresden 1930.

ist. Für die Wellenwiderstände verschiedener Leitungen werden die theoretischen Formeln kurz zusammengefaßt und eine Methode gegeben, die den Wellenwiderstand bis zu den höchsten Frequenzen praktisch zu bestimmen gestattet. Ein Versuch zeigt, daß bei einer Wellenlänge von 26 m bei einer Doppeldrahtleitung noch eine gute Übereinstimmung zwischen Theorie und Praxis besteht. Im letzten Teil der Arbeit werden die Erscheinungen behandelt, die durch Unsymmetrie der Anordnung gegenüber Erde entstehen und zu ungleichen Stromstärken auf den beiden Leitern Anlaß geben können. Eine theoretische Überlegung zeigt, daß diese Unsymmetrie Verschiebungen der Knoten, Veränderungen der Wellenform und Strahlen der Leitung verursachen kann. Eine Methode, die Unsymmetrie in der Praxis systematisch zu beseitigen, wird gegeben, und ihr praktischer Erfolg an verschiedenen Beispielen gezeigt. (H. O. Roosenstein, Z. Hochfr. Bd. 36, S. 81 u. 121.) *Sb.*

Verschiedenes.

Vorträge des Hauses der Technik in Essen. — Im Haus der Technik in Essen, Rathenaustraße (Eingang Kapuzinergasse 8), werden im Wintersemester 1931/32 wieder zahlreiche Vorträge gehalten, von denen nachstehend diejenigen genannt werden, die für den Elektrotechniker von besonderer Bedeutung sind:

J. Biehle, Die Bekämpfung des Lärmes (16. X., 19...21 h).

E. Rabald, Nichtmetallische Werkstoffe (19. X., 19...21 h).

W. Pfanhauser, Neuzeitliche Metallveredlung (27. X., 19...21 h).

Blum, Übertreibungen im Verkehrswesen (30. X., 19...21 h).

E. Kreissig, Stoßbeanspruchungen an Fahrzeugen und Maschinen (5. XI., 19...21 h).

Elbel, Herstellung und Eigenschaften von Kunstharzen (10. XI., 17...18 h).

J. Geller, Verarbeitung von Kunstharz-Preßstoffen (10. XI., 18..19 h). (Die beiden letzten Vorträge sind mit einer Fachschau verbunden, die am 10. und 11. XI. von 10 bis 21 h zugänglich ist.)

K. Hencky, Messung der Temperatur auf photographischem Wege (13. XI., 19...21 h).

Fr. Kreide, Ausschaltung von Verlusten in industriellen Betrieben (23. XI., 19...21 h).

M. Pirani, Wissenschaftlich-technische Probleme der Lichterzeugung (7. XII., 19...21 h).

E. Lehr, Störende Schwingungen im Maschinenbau und ihre Beseitigung (23. II., 19...21 h).

Ferner sind noch ein Physikalischer Fortbildungskursus sowie gelegentliche Filmvorträge vorgesehen. Hörerkarten können u. a. von der Geschäftsstelle, aber auch an der Abendkasse bezogen werden (Preis je Vortragsabend [2 h] 2 RM; Semesterkarte für sämtliche Vorträge 10 RM). *of*

Technisch-Wissenschaftliche Lehrmittelzentrale. — Die Technisch-Wissenschaftliche Lehrmittelzentrale[1] hat wieder eine Anzahl neuer Diapositivreihen herausgegeben, von denen einige den Elektrotechniker interessierende nachstehend aufgeführt sind:

Nr. 319 Neue Beispiele ausgeführter Schweißung. — Nr. 424 Telegraphie mit Draht. — Nr. 425 Telephonie mit Draht. — Nr. 92 Das Walchensee-Werk. — Nr. 126 Das Baden-Werk. — Nr. 120 Das Groß-Kraftwerk Klingenberg. — Nr. 408 Elektrizitätswirtschaft. — Nr. 119 Kohlenstaubfeuerung. — Nr. 156 a ... d Bau und Betrieb der Dampfkessel. — Nr. 274 Ruthsspeicher in Elektrizitätswerken. — Nr. 246 ... 248 Werkstoffe. — Nr. 417 Einführung in die Elektrotechnik. — Nr. 407 a ... k Elektrische Schalter. — Nr. 401 Gleichstrommaschinen. — Nr. 402 Synchronmaschinen. — Nr. 403 Ein- und Mehrphasenmotoren. — Nr. 404 Transformatoren. — Nr. 405 Umformer und Gleichrichter. — Nr. 409 Herstellungsverfahren im Elektromaschinenbau. — Nr. 412 Elektrische Bahnen. — Nr. 413 Installationen elektrischer Licht- und Kraftanlagen. — Nr. 414 Fehler und Schäden an elektrischen Installationen. — Nr. 415 Hochspannungs-Freileitungen. — Nr. 416 Starkstromkabel. — Nr. 418 Elektrische Meßinstrumente. — Nr. 419 Elektrische Messungen. — Nr. 141 ... 152 Lichttechnik. — Nr. 97 a ... c Elektrisches Schweißen. — Nr. 420 Einführung in die Funktechnik. — Nr. 421 Drahtlose Empfangstechnik. — Nr. 422 Ausgeführte Senderanlagen. — Nr. 423 Bildtelegraphie. — Nr. 98 Nomographie. — Nr. 77 Erfolge und dringende Aufgaben der Normung. — Nr. 268 Zeichnungsnormen.

Die Diapositive werden von der Technisch-Wissenschaftlichen Lehrmittelzentrale, Berlin, Dorotheenstr. 32, wie bisher käuflich oder gegen geringe Gebühr leihweise abgegeben. Zur Unterrichtung über das, was vorhanden ist, und zur Auswahl bestimmter Bilder versendet die TWL leihweise die Papierabzüge der betreffenden Reihen. *of*

[1] ETZ 1928, S. 140.

Jahresversammlungen, Kongresse, Ausstellungen.

Teiltagung der Weltkraftkonferenz 1933. — Nach dem vom Schwedischen Nationalkomitee der Weltkraftkonferenz vor kurzem ausgegebenen vorläufigen Programm für die Teiltagung sollen deren Verhandlungen den Energiefragen der Großindustrie und des Transportwesens gewidmet werden, wobei in erster Linie die großen grundlegenden technisch-wirtschaftlichen Probleme zu berücksichtigen sind. Unter den Energiefragen der Großindustrie steht die Energieversorgung an erster Stelle. Hierunter fällt die Erörterung der Frage, wie großindustrielle Anlagen wirtschaftlich am vorteilhaftesten ihren Energiebedarf decken können (ein Hauptpunkt: Abwägung der Vorteile der Eigengewinnung von Energie, verglichen mit denen des Bezugs von öffentlichen Kraftwerken), ferner der Frage des Zusammenwirkens örtlicher industrieller Kraftanlagen untereinander und mit den Landesnetzen. Als weitere Themen nennt das Programm u. a. gemeinsame Anlagen für Wärme- und Krafterzeugung in der Industrie und allgemeine Gesichtspunkte für die Ausnutzung der Abfallwärme und des Abfallbrennstoffs. An zweiter Stelle steht die Ausnutzung der Energiequellen und innerhalb dieser besonders die wirtschaftliche Bedeutung des Belastungsfaktors sowie die Methoden zu seiner Erhöhung. Sodann wird man die Übertragung und Verteilung der Energie innerhalb industrieller Anlagen und die Anpassung der Triebkraft an den Arbeitsbedarf behandeln. Ferner stehen spezielle Energiefragen in der Holz-, Papier-, Eisen- und Bergbauindustrie zur Diskussion. Was die Energiefragen des Transportwesens betrifft, so scheinen, wie das Programm sagt, der Wettbewerb zwischen elektrischen Lokomotiven, Dampf- und Diesellokomotiven beim Fernverkehr sowie die Konkurrenz zwischen elektrischen Schnellstraßenbahnen und Autobussen im Vor- und Nachbarortsverkehr z. Z. die aktuellsten zu sein. Auf dem Gebiet des Seetransports soll einmal an in London 1928 veröffentlichte wertvolle Aufsätze über Kohlenstaubfeuerung angeknüpft und ferner der Wettbewerb zwischen Diesel- oder dieselelektrischem Betrieb und Dampfbetrieb zum Gegenstand der Verhandlung gemacht werden.

Vor der eigentlichen Tagung in Stockholm vom 28. VI. bis 6. VII. ist am 26./27. VI. in Kopenhagen ein Empfang unter Leitung des Dänischen Nationalkomitees mit einem Besuch technischer und industrieller Anlagen geplant. Am 1. VII. finden von Stockholm aus u. a. eine Besichtigung der staatlichen Dampfkraftzentrale und der Asea-Werkstätten in Västerås sowie parallel dazu unter Leitung des Nationalkomitees von Finnland eine Fahrt dorthin statt. Auf den 5./6. VII. fallen Exkursionen nach Sundsvall, Älvkarleby, Göteborg sowie nach Norwegen, wo unter Leitung des Norwegischen Nationalkomitees vom 7. bis 9. VII. in Oslo nach einem Vortrag über Maßnahmen zur Erhöhung des Belastungsfaktors ebenfalls Ausflüge (Rjukan, Nore) geboten werden und am 10. VII. die Teiltagung schließt. Mit der Vorbereitung der Konferenz in Stockholm ist ein Organisationskomitee unter Vorsitz von Prof. Dr. A. F. Enström beauftragt. Mitteilungen und Anfragen sind an den Generalsekretär des Schwedischen Nationalkomitees (Velander) unter der Anschrift: Världskraftkonferensens Sektionsmöte 1933, Stockholm 19, zu richten.

Energiewirtschaft.

Aus der deutschen Elektrizitätswirtschaft[1]. — Auch der Stromabsatz der Hamburgischen Electricitäts-Werke AG., die in ihren Kraftwerken über 225 000 kW Maschinenleistung verfügten, ist 1930/31 etwas zurückgegangen, aber nur von 393,093 auf 389,168 Mill kWh, also um 1 %. Von letzterem Betrag entfielen 284,131 Mill kWh auf Großverbraucher und Abnehmer mit Sondertarif (284,421 i. V.), 56,247 Mill kWh auf Beleuchtung bei Kleinabnehmern (57,044 i. V.), 20,411 Mill kWh auf Kleinkraftkonsumenten (21,351 i. V.) und 28,379 Mill kWh auf die Straßenbahnen (30,277 i. V.). Die Stromabgabe an die Nordwestdeutschen Kraftwerke AG. für Harburg/Wilhelmsburg und die südlich anschließenden Gebiete ist auf 48,4 Mill kWh gestiegen. Verträge mit der Reichsbahn wegen Mitbelieferung der Stadt- und Vorortsbahn sowie ein Stromaustauschabkommen mit dem Elektricitätswerk Unterelbe AG. kommen erst im laufenden Jahr zur Durchführung. Der nunmehr als Summe der Meßbereiche aller bei den Abnehmern vorhandenen Zähler berechnete Anschlußwert betrug am Jahresschluß 738 804 kW, also rd. 9 % mehr als bei entsprechender Berechnung im Vorjahr (675 607 kW).

[1] Vgl. ETZ 1931, S. 1152.

Die Zähleranzahl ist von 342 626 auf 367 664, mithin um 7,3 % gestiegen. Die Berichterstatterin hat seit Anfang 1931 den Lichtstrompreis nach Tarif A um 3 Pf auf 42 Pf je kWh, d. h. um 6,7 % ermäßigt und den schon früher versuchsweise eingeführten Sondertarif für mittlere Verbraucher in Gewerbe und Haushalt weiter ausgebaut. Nach ihm wurden 15.6 Mill kWh abgegeben. Die Wärmelieferung aus den Fernheizanlagen erreichte 203,966 Mrd kcal und ist somit um 38 % gegen das Vorjahr (148,066 Mrd kcal) gewachsen. Um der Elektrizität auch für Wärmezwecke Eingang in die Haushaltungen zu verschaffen, ging die Gesellschaft zum Absatz von Heißwasserspeichern gegen Teilzahlung über und suchte auch die Einführung von Elektroherden im Haushalt zu fördern. Am Ende des Berichtsjahres waren etwa 1000 Heißwasserspeicher und 300 Elektroherde in Gebrauch. Betriebseinnahmen bzw. Überschüsse: 53 991 477 RM (54 242 192 i. V.), Reingewinn: 15 456 273 RM (15 798 001 i. V.), Dividende: wieder 10 % auf 88 Mill RM Stammaktienkapital.

Die im Juni 1930 von der G. m. b. H. gleichen Namens, den Elektrizitätswerken Bestwig und Meschede, der Gas- und Eltwerke kommunale AG., Recklinghausen sowie von zwei Gaswerken gegründeten Vereinigten Elektrizitätswerke Westfalen AG., Dortmund, verfügten 1930 über eine Gesamtleistung der Kraftwerke von 269 189 kW (258 659 i. V.), wovon 217 850 kW auf die Turbogeneratoren der Dampfzentralen Dortmund, Kruckel, des Gersteinwerks und des mit Wuppertal zusammen betriebenen Gemeinschaftswerks (von ihm ist hier die halbe Leistung berücksichtigt), ferner 16 339 kW auf Wasserkraftwerke und 35 000 kW auf fremde Kraftquellen entfielen. Kruckel erhielt Anschluß an das 110 kV-Kupplungssystem, das Gersteinwerk übernahm die Grundlast und war mit 54 % an der gesamten Eigenerzeugung beteiligt. In Alfert bei Bestwig hat die Berichterstatterin ein kleineres Ruhr-Wasserkraftwerk für bedienungslosen Betrieb eingerichtet. Der Anschlußwert der Kleinabnehmer ist von 257 637 kW Ende des Jahres auf 283 120 kW, der der Großabnehmer, d. h. die von den VEW bereitzuhaltende Leistung, von 221 285 auf 243 477 und der Gesamtanschlußwert von 478 922 auf 526 597 kW gestiegen. Stromerzeugung und -bezug stellten sich im ganzen auf 594,882 Mill kWh, d. s. rd. 3 % weniger als 1929 (613,782 Mill kWh). Von der genannten Summe entfielen 471,866 Mill kWh auf die Dampfzentralen und 38,020 Mill kWh auf die Wasserkraftwerke, während der Strombezug von eigenen Zechen und fremden Kraftwerken 84,996 Mill kWh ausmachte. Die Kleinabnehmer beanspruchten für Licht 33,491 Mill kWh, wozu noch 6,724 Mill kWh der öffentlichen Beleuchtung hinzukommen, für Kraft 13,533 Mill kWh, ferner als Großverbraucher die Kommunen und Kommunalverbände 77,226, die Straßenbahnen 33,157, Gewerbe und Industrie 335,592 Mill kWh. Die Gesamtlieferung ist im Versorgungsgebiet auf 499,723 Mill kWh gestiegen (498,143 i. V.), an benachbarte Elektrizitätswerke aber auf 15,851 Mill kWh (28,465 i. V.) und im ganzen auf 515,574 Mill kWh (526,608 i. V.), d. h. um 2 % gesunken. Die Gesellschaft besaß im Frühjahr 1931 323 km Leitungen für 50 kV mit 14 Hauptumspannwerken und 503 km 110 kV-Leitungen mit 11 Hauptumspannwerken. Was die Tarife betrifft, so sind von den Kleinabnehmern die beiden Haushalttarife gern gewählt worden; der von 1928 mit einer der Zimmerzahl entsprechenden Grundgebühr und einer Arbeitsgebühr von 10 Pf für Licht, Kraft usw. hat sich besonders in den Städten eingeführt, während der von 1930 mit 9 Pf für Koch- und Haushaltstrom und Vergünstigungen für Lichtstrom sich besonders für ländliche Wohnungen eignet. In Verbindung mit dem Ratenzahlungssystem zur Beschaffung von Elektrogeräten sind im Berichtsjahr mehrere hundert Haushaltungen zum elektrischen Kochen übergegangen. Im Gas- und Wassergeschäft erzielte die Berichterstatterin trotz der schlechten Wirtschaftslage gegenüber dem Vorjahr einen Mehrverkauf von 21,3 % Gas und 17,6 % Wasser. Die Vereinfachung der Verwaltung ihrer Unternehmungen konnte durch Auflösung von Untergesellschaften gefördert werden. Betriebsüberschuß und Zinsen: 28 016 737 RM, Reingewinn: 396 661 RM, Dividende: 0 % (8 % i. V. bei der G. m. b. H.).

Im Geschäftsbericht der Rhein-Main-Donau AG., München, für 1930 bemerkt der Vorstand, daß die Kraftwerke an den Schiffahrtstufen Obernau, Kleinwallstadt und Kingenberg die Arbeit aufgenommen hätten. Die Anlage Kleinheubach werde voraussichtlich bis Ende des laufenden Jahres in Betrieb kommen. Von den Werken Kachlet, Viereth, Untere Mainmühle, Obernau, Kleinwallstadt und Klingenberg sind 1930 insgesamt 214 Mill kWh gewonnen worden (190 i. V.). Infolge der günstigen Wasserführung der Flüsse war das wirtschaftliche Betriebsergebnis der Wasserkraftwerke besser als 1929, trotzdem die Ausnutzung der Werke wegen des Rückgangs im Stromverbrauch der Abnehmer nicht ganz der erhöhten Leistungsfähigkeit entsprach. Da aus dem Erlös der Kraftwerke nach Bestreitung der Verzinsung des investierten Kapitals und nach angemessenen Abschreibungen auch die Ausgaben für den Betrieb und die Unterhaltung der Schiffahrtsanlagen an den fertigen Staustufen aufgebracht werden konnten und die Rentabilität der weiterhin zu errichtenden Werke vertraglich sichergestellt ist, erfüllen die Kraftwerke, wie in dem Bericht gesagt wird, ihren Zweck, den Bau der Großschiffahrtstraße zu fördern.

Infolge günstiger Wasserführung der Werra stellte sich die nutzbare Stromabgabe der Werrakraftwerke AG., Weimar, 1930 auf 4,719 Mill kWh (3,188 i. V.). Da nach den bestehenden Stromlieferungsverträgen, so sagt der Vorstand, die jeweils anfallende Strommenge vollständig abgenommen wird, zeigen die genannten Zahlen, die seit Bestehen des Werks für ein volles Betriebsjahr die bisher gelieferte kleinste und größte Strommenge darstellen, daß die Höchstleistung von rd. 800 kW im Jahr 1929 mit 3985 Benutzungstunden, 1930 mit 5898 h beansprucht wurde. Die wirtschaftlich mögliche Jahresschwankung kann somit rd. 1,530 Mill kWh oder rd. 48 % betragen, wenn auf ein gutes ein schlechtes Wasserjahr folgt. Einnahmen aus Stromlieferung usw.: 181 878 RM (125 188 i. V.), Überschuß: 80 911 RM (21 083 i. V.), Dividende: 4 % auf 1,260 Mill RM Aktienkapital (0 % i. V.).

Über die Stromlieferung für die zu elektrisierende Vorortstrecke Eßlingen—Stuttgart—Ludwigsburg hat die Reichsbahn mit einer das Elektrizitätswerk Stuttgart, die Neckarwerke AG. und die Württemb. Landes-Elektrizitäts-AG. umfassenden Gruppe einen bis Ende März 1953 laufenden Vertrag vereinbart, der einen Mindestbedarf von 13,3 Mill kWh jährlich vorsieht. Die Lieferwerke verpflichten sich, in der Dampfzentrale Stuttgart-Münster die nötigen Einrichtungen und Erweiterungen zu treffen. Der elektrische Betrieb muß bis spätestens 1. IV. 1933 aufgenommen werden.

Aus Anlaß ihres 25jährigen Bestehens haben die Städtischen Elektrizitätswerke Leipzig eine sehr gut ausgestattete und illustrierte Denkschrift über ihre Entwicklung in den Jahren 1905 bis 1930 herausgegeben.

Erzeugung und Verbrauch elektrischer Arbeit in Deutschland[1]. — Im Juli 1931 ist die Erzeugung der 122 Elektrizitätswerke gegen den Vormonat wieder um 51,1 Mill kWh (5 %) gestiegen, hinter der des Parallelmonats von 1930 aber immer noch um 124,1 Mill kWh (10 %) zurückgeblieben. Arbeitstäglich ergibt sich bzw. eine Erhöhung um 0,332 Mill kWh und eine Abnahme um 4,597 Mill kWh (10 %). Der Anschlußwert der von 103 Werken unmittelbar belieferten gewerblichen Abnehmer hat im Juni gegen den Vormonat um 11 000 kW und gegenüber dem gleichen Monat des Vorjahres um 8000 kW zugenommen. Für den Verbrauch der genannten Kunden ergibt sich, verglichen mit dem Mai, ein Mehr von 18,6 Mill kWh (4 %), während der Konsum um 1,8 Mill kWh geringer war als im Juni 1930. Arbeitstäglich ist in beiden Fällen ein Rückgang, u. zw. um 0,708 (4 %) bzw. 1,555 Mill kWh (8 %) festzustellen.

Monat	Arbeitstage		Von 122 Elektrizitätswerken selbst erzeugte Mill kWh				Anschlußwert und Verbrauch der von 103 Elektrizitätswerken direkt belieferten gewerblichen Abnehmer							
			insgesamt		arbeitstäglich		Anschlußwert Mill kW		Gesamtverbrauch Mill kWh		arbeitstäglicher Verbrauch insgesamt Mill kWh		arbeitstäglicher Verbrauch kWh/kW Anschlußwert	
	1931	1930	1931	1930	1931	1930	1931	1930	1931	1930	1931	1930	1931	1930
I.	26	26	1357,6	1555,7	52,2	59,8	4,6	4.6	462,5	545,0	17,8	21.0	3,9	4.6
II.	24	24	1208,5	1392,5	50,4	58.0	4.6	4,6	438,5	512,3	18,3	21,3	4,0	4,7
III.	26	26	1266,9	1430,1	48,7	55.0	4.6	4,6	458,8	523,4	17,6	20,1	3,8	4,4
IV.	24	24	1133,2	1291,7	47,2	53,8	4,6	4 6	440,2	485,8	18,3	20,2	4,0	4,4
V.	24	26	1104,5	1296,4	46,0	49,9	4 6	4,6	443,4	498,9	18,5	19,2	4,0	4.2
VI.	26	24	1093,3	1170,1	42,1	48,8	4,6	4,6	462,0	463,8	17,8	19,3	3,8	4,2
VII.	27	27	1144,4	1268,5	42,4	47,0	.	4,5	.	479,7	.	17,8	.	4,0

[1] Vgl. ETZ 1931, S. 1129.

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33 II, Fernspr.: C 4 Wilhelm 8885 u. 8886 zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 13302.

Verlegung der Geschäftstelle.

Vom 1. Oktober 1931 ab befindet sich die Geschäftstelle des Elektrotechnischen Vereins e. V.

in Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 II.

Fernsprecher: C 4 Wilhelm 8885 und 8886.

Elektrotechnischer Verein e. V.
Der Generalsekretär:
Dr. Schmidt.

Vorläufige Anzeige.

Der Elektrotechnische Verein wird in Gemeinschaft mit dem Außeninstitut der Technischen Hochschule Berlin im kommenden Winter eine Vortragsreihe über

„Die technischen Grundlagen des Tonfilms“
(mit Experimenten)

veranstalten.

Beginn: 26. Oktober (voraussichtlich), Ende 7. Dezember (voraussichtlich).

Zeit: Montags 18½—20 Uhr.

Voraussichtlicher Preis für sämtliche Vorträge:

für Mitglieder des Elektrotechnischen Vereins . . 8 RM
für deutsche Studenten . . . . 4 „
für andere Teilnehmer . . . . 12 „

Die näheren Festsetzungen werden rechtzeitig bekanntgegeben werden.

Elektrotechnischer Verein e. V.
Der Generalsekretär:
Dr. Schmidt.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33
Fernspr.: C 4 Wilhelm 8864 ... 68
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 21312.

Neu erschienene DIN VDE-Normblätter.

Grundnormen. Isolierstoffe.

DIN VDE 680 Keramische Isolierteile für Betriebspannungen bis 1000 V nach DIN VDE 2. Toleranzen, Maßeintragung, Richtlinien (September 1931).

Elektrische Bahnen.

DIN VDE 3162 Fahrleitungen; Spannschlösser (September 1931).
„ „ 3301 Fahrschalter für Straßenbahnen; Umschalthebel mit Nase (September 1931).

Bauteile für allgemeine Verwendung.

DIN VDE 6220 Kabelschuhe, gepreßt oder gegossen (Oktober 1931).

Alle Anfragen bezüglich Lieferung und Versand der Normblätter sind an die Beuth-Verlag G. m. b. H., Berlin S 14, Dresdener Straße 97, zu richten.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

SITZUNGSKALENDER.

Elektrotechn. Gesellschaft Frankfurt a. M. 7. X. 1931, abds. 8 h, Hörsaal der Kunstgewerbeschule, Neue Mainzer Straße 47: Lichtbildervortrag Prof. Dr.-Ing. Knoops, „Die Elektrowärme in der Industrie und ihre Vorteile für Verbraucher und Elektrizitätswerke“.

Schleswig-Holsteinischer Elektrotechn. Verein, Kiel. 9. X. 1931, abds. 8 h, Vortrag Dipl.-Ing. E. Summerer, „Licht und Raumgestaltung“.

Ostdeutscher Elektrotechn. Verein, Königsberg. 5. X. 1931, abds. 8 h, I. Physikal. Inst. der Universität, Steindamm 6: Vortrag Dipl.-Ing. Rößger, „Gegenwartsfragen der Rundfunktechnik“.

Elektrotechn. Verein Leipzig. 3. X. 1931, nachm. 4 h: Festsitzung zur Feier des 40jährigen Bestehens im Festsaal des Neuen Rathauses, Eing. Dittrichring.

LITERATUR.

Besprechungen.

Die elektrischen Maschinen. Bd. 2: Konstruktion u. Isolierung. Von Dr.-Ing. M. Liwschitz u. Dipl.-Ing. H. Glöckner. Mit 462 Abb. i. Text u. 13 Taf., VIII u. 306 S. in 8°. Verlag B. G. Teubner, Leipzig u. Berlin 1931. Preis geb. 19 RM.

Dem ersten Bande ist ein zweiter gefolgt, der ihm gleichwertig zur Seite steht. Der erste Teil, die Isolierung elektrischer Maschinen, behandelt nach einer kurzen Charakterisierung der Isolierstoffe und ihrer Eigenschaften die Wicklungen der elektrischen Maschinen und Transformatoren und ihre Isolierung. Dieser verhältnismäßig sehr kurze Abschnitt wird den verschiedenen Wicklungsarten bei Gleich- und Wechselstrommaschinen gerecht und berücksichtigt insbesondere die gute Isolierung und Belüftung der Wicklungen. Auch die neuzeitlichen Transformatorenwicklungen, ihre Herstellung und Befestigung werden beschrieben. Der umfangreichere zweite Teil bespricht die Baustoffe, den Aufbau der Blechpakete, die Festigkeitsberechnungen der umlaufenden Teile, insbesondere Polräder, sowie ihren Aufbau. Auch die umlaufenden Blechpakete wie Gleichstromanker, Schleifringe und Kommutatoren, werden in ihren neuesten Ausführungen kritisch besprochen. Bei der Besprechung des Aufbaues der Gehäuse und Magnetgestelle werden die Fortschritte der Schweißtechnik ebenso berücksichtigt wie beim konstruktiven Aufbau der Transformatoren. Bürstenhalter, Bürstenträger erfahren eine kurze, aber treffende Würdigung. Auch das wichtigste über Lager und Grundplatten sowie sonstige mechanische Teile wird gesagt. Ob es zweckmäßig war, die Kühlung auf 9 Buchseiten zu besprechen, mag dahingestellt sein. Es wäre vielleicht besser gewesen, einiges über zweckmäßige Lüfterformen und Luftführungen in Maschinen zu sagen. Die Beispiele ausgeführter Maschinen und Transformatoren sind gut gewählt.

Seitdem Pichelmayers Dynamobau verschollen ist, liegt hier das erste für Konstruktion und mechanische Berechnung wirklich brauchbare Buch vor. Die Arbeit, die die beiden Autoren geleistet haben, ist nicht hoch genug einzuschätzen, ebenso der Wert dieses Buches für den Studierenden und praktischen Ingenieur. Besonders hervorzuheben ist, daß die Verfasser es geschickt verstanden haben, das Wesentliche vom Unwesentlichen zu trennen.

Fr. Unger.

Eine vergleichende Schalt- und Getriebelehre. Neue Wege der Kinematik. Vortrag, gehalten auf der wissenschaftl. Tagung zur Feier des 100. Geburtstages von Franz Reuleaux am 11. XI. 1929 in der T. H. Berlin. Von Prof. Rudolf Franke. Mit 81 Abb. und 78 S. in 8°. Verlag von R. Oldenbourg, München und Berlin 1930. Preis geh. 4 RM.

Vom pädagogischen Standpunkt ist eine Zusammenfassung des sich immer mehr in die Breite erstreckenden Stoffes durch Zurückführung auf gemeinsame oder sich entsprechende Ausgangselemente im Interesse der Vereinfachung und klaren Darstellung von besonderem Reiz und Wert. Gerade das Elementare aus allem Verwickelten

herauszufinden und bis zu den Elementen so weit vorzudringen, daß die Dinge in ihrer Einfachheit beinahe selbstverständlich erscheinen, ist äußerst schwierig und doch für die Weiterentwicklung und das lückenlose Auffinden neuer Konstruktionen von größter Bedeutung. Der Verfasser hat unter diesem Gesichtspunkte die Parallelen zwischen Maschinenbau und Elektrotechnik, von denen schon oft Gebrauch gemacht wurde, wesentlich weiter entwickelt, so daß ein bis zum letzten durchgeführter Vergleich aller elektrischen und mechanischen Schaltungen und Getriebe vorliegt, der bereits den Anfänger in die Lage versetzt, die möglichen Wege zur Lösung einer Aufgabe mit mechanischen, hydraulischen, pneumatischen oder elektrischen Mitteln systematisch zu vergleichen. Schade ist nur, daß er bei den von ihm gewählten Begriffen der getrieblichen Mittel nicht mit der Systematik der Maschinenteile übereinstimmt, die Kutzbach in der Hütte (Maschinenteile 1925) angewendet hat. Auf alle Fälle ist das Werk insbesondere vom pädagogischen Standpunkte aus aufs wärmste zu begrüßen; aber auch der erfahrene Fachmann wird es mit Nutzen lesen.

Kniehahn.

Technische Thermodynamik. Von Prof. Dipl.-Ing. W. Schüle. Bd. 1: Die für den Maschinenbau wichtigsten Lehren nebst techn. Anwendungen. 5., neubearb. Aufl. Teil 1: Lehre von den Gasen u. allgem. thermodynamische Grundlagen. Mit 181 Abb. i. Text u. d. Tafeln I—IIa, VIII u. 385 S. in gr. 8°. Teil 2: Lehre von den Dämpfen. Mit 140 Abb. i. Text u. d. Taf. III—IVa, VIII u. 280 S. in gr. 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1930. Preis geb. Teil 1: 18 RM; Teil 2: 16 RM.

Die neue Auflage ist durch verschiedene Umarbeitungen, Erweiterungen und neu eingefügte Abschnitte auf den neuesten Stand der Wissenschaft gebracht. Die Aufteilung des Stoffes in die Lehre von den Gasen und Dämpfen ist so weitgehend durchgeführt, daß aus den beiden Teilen selbständige Bücher geworden sind. Im ersten Teil ist manches Wertvolle aus der Theorie der Verbrennung hinzugekommen, die unvollkommene Verbrennung und ihre Darstellung im „Verbrennungsdreieck“, die Arbeiten von Rosin über Feuergasvolumen und Luftbedarf abhängig vom Heizwert der Brennstoffe, der Einfluß der Dissoziation auf die Verbrennungstemperatur u. a. m. Bei der Behandlung der Strömungslehre sind ebenfalls die neuesten Ergebnisse berücksichtigt, die sich hier besonders auf die Meßdüsenbeiwerte beziehen.

Der zweite Teil, die Lehre von den Dämpfen, ist der schnellen Entwicklung der Hochdruck-Dampftechnik entsprechend stark erweitert worden. Die jüngsten deutschen, englischen und amerikanischen Forschungen über Wasserdampf werden ausgewertet, und die dem Buch beiliegende Entropietafel dürfte die genaueste sein, die wir heute besitzen; sie stimmt recht gut mit den Rahmentafeln überein, die auf der Internationalen Dampftafel-Konferenz 1929 festgelegt worden sind, und die noch im letzten Augenblick in das Buch Schüles aufgenommen werden konnten. In dem Abschnitt über Dampfkraftmaschinen sind die neuen mittelbaren Verfahren zur Erzeugung von Hochdruckdampf, die Dampfspeicher und die Kreisprozesse mit Zwischenüberhitzung und Vorwärmung des Speisewassers durch Abdampf hervorzuheben. Interessante Angaben über die Gasturbine nach dem Verfahren Holzwarth-Schüle beschließen den zweiten Teil.

Die Einfachheit und Klarheit in der Darstellung wird dem beliebten Buche neue Freunde zuführen.

Zinzen.

Eingegangene Doktordissertationen.

Werner Himmelreicher, Oszillographische Aufzeichnung rasch veränderlicher Kräfte durch eine von ihnen bewirkte Kapazitätsänderung. (Gekürzter Abdruck.) T. H. Stuttgart 1930.

Alfred Agricola, Messung kleiner elektrodynamischer Kräfte mit dem Kondensatormikrophon. T. H. München 1931.

Fred Bach, Über die Ausnutzung des Braunsteins im Leclanché-Element. T. H. Berlin 1931.

Friedrich Breyer, Radioaktive Untersuchungen am Salzdom von Sperenberg. T. H. Berlin 1931. (Erscheint gleichzeitig in „Gerl. Beitr. z. Geophysik, Ergänzungshefte“ Bd. 1, H. 4, S. 373; Akademische Verlagsges. m. b. H., Leipzig.)

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Das Bellsystem im amerikanischen Fernsprechwesen. — Von den für Anfang 1930 für die Welt gezählten rd. 34,5 Mill Fernsprechstellen entfielen allein 20,2 Mill oder 59 % auf die Vereinigten Staaten von Amerika, deren weit überwiegende Mehrheit wiederum in Abhängigkeit von einer Organisation, dem Bellsystem, steht[1]. Die Spitze dieser gewaltigen Fernsprechgruppe bildet die American Telephone and Telegraph Co., New York, die zu den größten Public Utilities (1930 begebenes Aktienkapital 1,8 Mrd $), d. h. öffentlichen Zwecken und allgemeinen Bedürfnissen dienenden Unternehmungen der Vereinigten Staaten gehört. Die Organisationsform des Fernsprechbetriebs ist von Anbeginn die der privaten Unternehmung, die öffentliche Hand hat dem Konzern gegenüber nur gewisse Kontrollrechte, speziell hinsichtlich der Tarifpolitik. 24 eigene Untergesellschaften, die Associated Bell Telephone Companies, nehmen den örtlichen Fernsprechverkehr wahr. Eine Anzahl selbständiger Gesellschaften von geringer lokaler Verkehrsbedeutung ist vertraglich an den Bellkonzern angeschlossen, so daß nur ganz wenige Sprechstellen außerhalb des Bellsystems betrieben werden. Zum Bellkonzern, der damit zugleich Betriebs- und Fabrikationsunternehmen ist, gehört die Western Electric Co. (98 % des A.-K. bei der A. T. T. Co.), die größte Herstellerfirma der Welt von Fernsprechmaterial aller Art (Umsatz in Mill $: 1928 = 287,9; 1929 = 410; 1930 = 361. Beschäftigte in 1000: 1928 = 56,3; 1929 = 84,8; 1930 = 64,3) Aus der Organisation der Western ist noch besonders das Forschungsinstitut, die Bell Telephone Laboratories Inc. zu erwähnen, in der allein mehrere tausend Personen tätig sind (z. B. 1929: 5600), sowie die Tochtergesellschaft Electrical Research Products Inc., die Fabrikations- und Vertriebsgesellschaft für Tonfilmapparate nach dem Western Electric-System. Bis Ende 1930 hatte diese Gesellschaft in den Vereinigten Staaten 5000 und im Ausland 2600 Lichtspieltheater mit Tonfilmapparaten ausgerüstet. Eine weitere Untergesellschaft der Western ist die 1930 von der A. T. T. Co. erworbene Teletype Corp., ein Fabrikationsunternehmen der zukunftsreichen Fernschreibeapparate, deren Betrieb sich auf den für diese Zwecke an Interessenten vermieteten Leitungen des Bellkonzerns immer mehr einbürgert. Die genannten Gesellschaften bilden die wichtigsten Gruppen des Bellkonzerns. Die vielfach anzutreffende Darstellung, daß eine andere große amerikanische Schwachstromgruppe, die International Telephone and Telegraph Corp., die in Betrieb und Fabrikation ausschließlich im Ausland tätig ist (deutsche Gruppe dieses Konzerns ist die Standard Elektrizitätsgesellschaft AG., Berlin), in finanzieller Abhängigkeit von der A. T. T. Co. bzw. vom Bellkonzern stehe, entspricht nicht den Tatsachen. Die Verbindungen zwischen diesen beiden amerikanischen Konzernen sind nur loser vertraglicher Natur.

Innerhalb von 15 Jahren sind die Sprechstellen des Bellkonzerns einschl. der angeschlossenen Gesellschaften von rd. 9,2 auf 20,1 Mill, die eigenen Sprechstellen von rd. 6 auf rd. 15,7 Mill angewachsen. Mit Ausnahme des Krisenjahres 1930 ist die Anschlußbewegung seit vielen Jahren mit ziemlicher Regelmäßigkeit außerordentlich lebhaft verlaufen. In der Modernisierung der Fernsprecheinrichtungen haben die letzten Jahre wesentliche Fortschritte gebracht. Die Umstellung der eigenen Sprechstellen des Bellsystems auf Selbstanschluß, die 1920 erst mit rd. 2% vollzogen war, ist in der Folgezeit stark beschleunigt worden, so daß Ende 1930 fast ein Drittel der eigenen Bellanschlüsse automatisiert waren.

1. Sprechstellen in 1000[2].

Jahr 31. XII.	V. S. Amerika insgesamt[2]	Bellsystem und angeschlossene Gesellschaften	Bellsystem allein	
			insgesamt	davon Selbstanschlüsse in %
1915	10 523	9 172	5 968	—
1925	16 936	16 720	12 035	12,4
1928	19 341	19 197	14 525	21,7
1929	20 233	20 097	15 414	26,0
1930	—	20 098	15 682	31,7

An der technischen Vervollkommnung des Leitungsnetzes (Ende 1930 verfügte das Bellsystem über rd. 123 Mill km Leitungen) ist die rasch zunehmende Umstellung der Fernleitungen auf Kabel (Erd- und Luftkabel) hervorzuheben, während bei den Ortsleitungen die Verkabelung schon viel früher einen hohen Stand erreicht hatte als natürliche Folge der mit wachsender Ausbreitung des örtlichen Fernsprechverkehrs ständig zunehmenden Zahl der Leitungen, die im Interesse eines reibungslosen Verkehrs oberirdisch als Freileitungen nicht geführt werden konnten.

---

[1] Vgl. Telegraphie und Telephonie in den V. S. Amerika, ETZ 1928, S. 694.

2. Leitungen des Bellsystems in 1000 km[2].

Jahr 31. XII.	Ortsleitungen	davon verkabelt in %	Fernleitungen	davon verkabelt in %	Leitungen insgesamt
1915	25 828	90,0	3 947	29,6	29 775
1925	64 104	95,1	9 063	58,0	73 167
1928	85 946	96,1	14 122	70,5	100 068
1929	94 144	96,3	17 712	73,9	111 856
1930	101 153	96,5	21 530	77,3	122 683

Der Betriebsgröße und dem Wirkungsbereich des Konzerns entsprechend zeigen auch die Bilanzzahlen eine außerordentliche Höhe. Nach der konsolidierten Konzernbilanz (ohne Western Electric und die kanadische Tochtergesellschaft) betrug im Jahre 1930 die Bilanzsumme mehr als 5 Mrd $, das im Bellsystem arbeitende Aktienkapital hatte die Grenze von 2 Mrd $, der Wert der Anlagen 4 Mrd $ überschritten, die Roheinnahmen aus dem Fernsprechverkehr übertrafen 1 Mrd $ (davon aus dem Ortsverkehr 729 Mill $).

3. Bilanzzahlen des Bellkonzerns in Mill $[3].

Jahr	Aktienkapital	Wert der Anlagen	Roheinnahmen aus dem Fernsprechverkehr	Reingewinn
1915	440,7	880,1	—	48,1
1925	1144,6	2524,9	725,9	136,5
1929	1611,9	3671,1	1045,6	217,1
1930	2155,0	4043,4	1077,0	201,6

Der Einfluß der Wirtschaftskrise auf das Bellsystem äußert sich bilanzmäßig in einer Schmälerung des Reingewinns um rd. 15,5 Mill $ gegenüber dem Vorjahr. Sehr nachteilig hat sich der Konjunkturrückgang auf die Neuanschlußbewegung ausgewirkt. Während das Jahr 1929 dem Bellsystem einen Zugang von rd. 821 000 neuen Sprechstellen gebracht hat, kamen 1930 nur 122 500 Neuanschlüsse hinzu. Die größere Differenz aus der Zahlentafel 1 erklärt sich durch den Übergang von bislang anderen Gesellschaften gehörenden Sprechstellen an den Bellkonzern. Einschl. der angeschlossenen Gesellschaften zeigen die Sprechstellen nur eine ganz geringe Zunahme. Das Krisenjahr 1930 hat somit im Fernsprechwesen der Vereinigten Staaten hinsichtlich der Ausbreitung der Anschlüsse eine gewisse Stagnation herbeigeführt. Die Beschäftigten des Bellkonzerns — 324 343 am 31. XII. 1930 ohne Western Electric — hatten sich unter den Einwirkungen der Krise gegenüber dem gleichen Zeitpunkt des Vorjahres um rd. 40 000 vermindert. Ungeachtet der Schwere der allgemeinen Wirtschaftsdepression wurden gemäß dem Investierungsprogramm umfangreiche Arbeiten zur Vervollkommnung der technischen Fernsprechbetriebseinrichtungen ausgeführt. Die hierfür aufgewendeten Mittel beliefen sich auf 585 Mill $. Für Untersuchungs- und Forschungsarbeiten wurden allein 15 Mill $, mehr als in einem der voraufgegangenen Jahre, ausgegeben.

Dr. H. Winkler.

Englands elektrotechnischer Außenhandel[4]. — Während des August 1931 hat sich die Einfuhr im Vergleich zum Vormonat (593 533 £) um 60 462 £ (10 %) und gegenüber dem Parallelmonat des Vorjahres um 108 789 £ (17 %) verringert. In beiden Fällen ist auch die Ausfuhr zurückgegangen, u. zw. um 238 446 £ (23 %) gegen den Juli (1 020 231 £) und um 463 812 £ (37 %) gegenüber dem August 1930. Für die abgelaufenen acht Monate weist, verglichen mit der gleichen Periode des Vorjahres, die Einfuhr einen Rückgang um 1 464 000 £, die Ausfuhr einen solchen um 4 086 960 £ auf.

Erzeugnisse	Einfuhr in £ 1931	Einfuhr in £ 1930	Ausfuhr in £ 1931	Ausfuhr in £ 1930
	August			
Maschinen	85 414	119 963	306 082	494 437
Waren u. Apparate .	447 657	521 897	475 703	751 160
	533 071	641 860	781 785	1 245 597
	Januar/August			
Maschinen	957 980	1 247 682	2 853 924	4 346 481
Waren u. Apparate .	3 289 715	4 464 013	5 318 030	7 912 433
	4 247 695	5 711 695	8 171 954	12 258 914

Vorgänge im Ausland. — Die Allis-Chalmers Manufacturing Co., Milwaukee, Wis., die in der nordamerikanischen Starkstromtechnik an dritter Stelle steht und auch im Bau von Maschinen, besonders landwirtschaftlichen Maschinen und Geräten, eine führende Rolle spielt, erwarb den wichtigsten Teil der Fabrikationsanlagen der American Brown Boveri Electric Corp, Camden, N. J., und übernahm gleichzeitig das Aktienkapital der von dieser bisher kontrollierten Condit Electrical Manufacturing Corp., Boston. Nach Aufarbeitung der jetzt noch vorhandenen Aufträge des elektrotechnischen Betriebs in Camden wird die Herstellung größerer Erzeugnisse einschl. der damit beschäftigten Belegschaft von den Werken der Allis-Chalmers in Milwaukee und Pittsburgh übernommen werden, während die übrige Produktion auf den Bostoner Betrieb der Condit übergeht. Durch diese Expansion sichert sich Allis-Chalmers einige bisher von ihr noch nicht gepflegte Fabrikationszweige, wie die Fertigung von Apparaten für elektrische Bahnen, Quecksilbergleichrichtern, Ölschaltern und elektrischen Öfen. Gleichzeitig erwirbt diese Gesellschaft die Patentrechte, die die American Brown Boveri Electric Corp. von ihrem schweizerischen Stammhaus erhalten hatte. Die Gewinne der American Brown Boveri Electric Corp., deren Schiffbauabteilung schon vor einiger Zeit in die New York Shipbuilding Co. eingebracht worden ist, beliefen sich 1927 auf 51 793, 1928 auf 612 216, 1929 auf 402 436 $ und schrumpften 1930 auf 1527 $ zusammen. Die Allis-Chalmers Manufacturing Co., die 1930 einen Umsatz von 41,6 Mill. $ erzielen konnte, hat wie die nordamerikanischen Elektrokonzerne in den letzten Monaten mit stark rückgängigen Erträgen gearbeitet. Der Reingewinn des ersten Halbjahres 1931 betrug 1,006 Mill $ gegenüber 2,352 Mill $ in derselben Periode von 1930. Die im gleichen Zeitabschnitt hereingenommenen Aufträge beliefen sich nur auf 12,225 Mill $ gegen 29,481 im vergangenen Jahr; der Auftragsbestand hat sich von 13,003 Mill $ Ende 1930 auf 9,033 Mill $ Ende Juni 1931 vermindert. Brown, Boveri & Cie., Baden, bei denen seit 1925 die Gründeraktien der American Brown Boveri Electric Corp. lagen, werden diese, ohne sich weiter finanziell zu belasten, gegen Aktien der Allis-Chalmers umtauschen[1]. *A. Fr.* — Nach El. Review hat die japanische Regierung bezüglich der Fabrikation von Unterseekabeln eine Vereinbarung mit den Sumitomo Electric Wire Works getroffen. Diese Gesellschaft wird für den genannten Zweck irgendwo an der Bucht von Osaka mit 0,6 Mill Yen Kapital und 0,4 Mill Yen Betriebsfonds eine Fabrik errichten, die zunächst Guttaperchakabel produzieren und ihre Arbeit voraussichtlich Ende 1932 aufnehmen soll. Ob man sie unter die Kontrolle eines neuen Unternehmens oder die der Sumitomo Electric Wire Manufacturing Co., Ltd., stellen wird, ist noch nicht entschieden. — Einer Nachricht des Berl. Börs.-Cour. zufolge haben die Polnischen Siemenswerke in Warschau mit der polnischen Staatlichen Telephon- und Telegraphenfabrik einen Vertrag geschlossen, auf Grund dessen diese die Herstellung von Elektrizitätszählern aus den von Siemens zu liefernden Bestandteilen aufnehmen wird. Der Vertrieb soll bei letzteren verbleiben. — Die Société Générale de Constructions électriques et mécaniques (Alsthom), Paris, hat 1930/31 einen Reingewinn von 43,7 Mill Fr erzielt (57,1 in 18 Monaten d. V.) und zahlt keine Dividende. — Wie die NELA berichtet, standen Ende Juli über 285 000 Personen mit annähernd 440 Mill $ Gesamtjahreslohn auf den Listen der Elektrizitätsunternehmungen in den V. S. Amerika, d. s. rd. 97 % der in dem Konjunkturjahr 1929 Beschäftigten und nahezu 98 % der damals gezahlten Löhne. — Wir entnehmen Ind. u. Hand. die Nachricht, daß die privaten Zaklady Akumulatorowi „Tudor", Warschau, die Anteile der staatlichen Polskie Towarzystwo Akumulatori in Bielitz-Biala übernehmen und sich dieses Werk angliedern, womit sie rd. 95 % der polnischen Akkumulatorenproduktion beherrschen werden.

[2] Nach den Jahresberichten der A. T. T. Co.
[3] Aus „Statistical Abstract of the United States".
[4] El. Review Bd. 109, S. 447 (1931). Vgl. ETZ 1930, S. 1604; 1931, S. 1240.

[1] Vgl. auch ETZ 1931, S. 1156.

Zur Beachtung.

Vom 1. Oktober des Jahres ab wird unsere Anschrift lauten:

An die
Schriftleitung der Elektrotechnischen Zeitschrift
Fernruf — *Charlottenburg 4,*
C 4 Wilhelm 1955/56 — *Bismarckstraße 33.*

Die Schriftleitung der ETZ.

Abschluß des Heftes: 26. September 1931.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 16 250 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

ETZ

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

INHALT

41. HEFT · 52. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9
(1265—1292)
8. OKTOBER 1931

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

52. Jahrgang | Berlin, 8. Oktober 1931 | Heft 41

Die Betriebsverluste bei Bratöfen.

Von Ing.[5] J. Opacki, Wien.

Übersicht. Der Verfasser untersucht die als Öffnungsverluste bezeichneten Wärmeverluste durch Offenhalten der Bratofentür und die spezifischen Stundenverluste bei Temperaturen von 160 ... 300 ° C im Luftschwerpunkt der Bratöfen. Die Öffnungsverluste sind klein, von der Bauart des Bratofens ausschlaggebend, von der Betriebstemperatur wenig beeinflußt. Umgekehrt hat die Bauart auf den spezifischen Stundenverlust nahezu gar keinen, die Betriebstemperatur hingegen entscheidenden Einfluß.

Folgerungen für Bau und Betrieb von Bratöfen und industriellen Trockenschränken werden abgeleitet.

Die Betriebsverluste der Bratöfen lassen sich in die spezifischen Stundenverluste und in die Öffnungsverluste, entstanden durch Offenhalten der Bratofentür durch längere oder kürzere Zeit, einteilen. Die ersteren wurden für 200 ° C Schwerpunkttemperatur bereits eingehend behandelt[1]; die vorliegende Arbeit stellt sich die Aufgabe, die Öffnungsverluste zu ermitteln und den Einfluß verschiedener (konstant gehaltener) Schwerpunkttemperaturen auf den absoluten und den spezifischen Stundenverlust zu untersuchen.

V e r s u c h s a n o r d n u n g: Im Luftschwerpunkt des Bratofens wird ein Thermoelement befestigt, das mit einem in ° C geeichten Millivoltmeter in Verbindung steht. Der Bratofen wird unter Vorschaltung eines Wattstundenzählers auf 200 ° C Schwerpunkttemperatur aufgeheizt und hierauf die Tür bei ununterbrochener Stromzufuhr durch eine von vornherein festgelegte Zeit offengehalten, wobei das Millivoltmeter beobachtet wird; nach Ablauf der für Offenstehen der Bratofentür festgesetzten Zeiten — sie betrugen bei dem beschriebenen Versuch 10, 20, 40, 60, 90, 120, 150 und 180 s — wird der Bratofen jeweils so lange geschlossen gehalten, bis er wieder auf 200 ° aufgeheizt ist, worauf der Versuch mit der folgenden Öffnungsdauer fortgesetzt wird. Der Temperaturverlauf und die zum Nachheizen jeweils erforderliche Arbeit werden gemessen; sie führen zu den gewünschten Ergebnissen.

——— Gesamt-Nachheizarbeit   – – – – Reine Nachheizarbeit für Nachheizung des Luftinhaltes

Abb. 1. Temperaturverlauf und Arbeitsaufwand für 180 s Öffnungsdauer bei verschieden gebauten Bratöfen.

Die Charakteristik der Bratöfen nach dem Verfahren konstanter Schwerpunkttemperatur muß bekannt sein, der mittlere Arbeitsaufwand je Nachheizperiode ist die Grundlage der Messungen; die Kenntnis der Kapazität des Bratofens ist erwünscht, damit Rückschlüsse auf die Ursache abweichender Meßergebnisse möglich sind.

Z a h l e n t a f e l 1. Nachheizarbeit bei verschiedener Öffnungsdauer.

Öffnungsdauer	Endtemperatur		Dauer der Wiederaufheizung auf 200° C Schwerp.-Temperatur		hierzu aufgewendete Gesamtnachheizarbeit		reine Nachheizarbeit für Lufterwärmung		reine Nachheizarbeit	
			s		Wh		Wh		Wh/dm³	
s	*A*	*D*	*A*	*D*	*A*	*D*	*A*	*D*	*A*	*D*
10	190	179	29	92	11	40	7	25	0,25	0,68
20	179	162	53	125	18	54	10	33	0,35	0,89
40	160	137	87	158	29	69	16	43	0,57	1,16
60	147	120	105	173	35	73	20	44	0,71	1,18
90	136	106	118	185	39	81	22	50	0,78	1,35
120	128	99	126	192	42	84	24	52	0,85	1,40
150	123	94	130	197	43	87	24	54	0,85	1,46
180	120	92	133	200	44	88	25	55	0,89	1,49

A u s w e r t u n g d e r M e ß e r g e b n i s s e: Der in Zahlentafel 1 eingetragene und in Abb. 1 dargestellte Temperaturverlauf zeigt den Grad der Abkühlung des Luftinhaltes; die Differenz, gebildet aus dem Nachheizstromverbrauch, wenn die Bratofentür offengestanden hat, und dem mittleren Arbeitsaufwand je Nachheizperiode bei geschlossen gehaltener Tür, bezogen auf die Öffnungsdauer, wenn der Bratofen mit 200 ° C Schwerpunkttemperatur trockengehend im Betriebe gehalten wird (dritte Zeile der Zahlentafel 2), ergibt den durch Offenhalten der Bratofentür entstehenden Mehrbedarf an Wärmezufuhr. Die Öffnungszeiten von 10 ... 180 s wurden auf Grund von Betriebsbeobachtungen gewählt. In Untersuchung standen die Bratöfen *A* und *D* des erwähnten Aufsatzes[1]. Ihre Charakteristik bei 200 ° C Betriebstemperatur ist in Zahlentafel 2 niedergelegt. In Abb. 1 zeigt der linke Teil der Kurven den Verlauf der Abkühlung des Luftinhaltes von 200 ° C ab gemessen, der rechte Zweig Zeitaufwand und Verlauf der Wiederaufheizung. Da diese Kurven für die größte Öffnungsdauer angelegt sind, ist darin auch der Verlauf für jede kleinere Öffnungsdauer enthalten. Dies ist bei *I* beispielsweise für 20 s Öffnungsdauer des Ofens *A* eingezeichnet und bedarf keiner weiteren Erläuterung. Der Temperaturverlauf in Abb. 1 beweist auch für den praktischen Betrieb, daß der innengeheizte Bratofen dem außengeheizten wirtschaftlich überlegen ist.

Auf Grund der Zahlentafel 2, in der die Nennaufnahme von *A* mit 1100, von *D* mit 1572 W angegeben ist, wäre zu erwarten, daß die Abkühlung und Wiederaufheizung bei *D* weitaus günstiger verlaufen sollte als bei *A*, zumal die Kapazität bei *D* 580, bei *A* 233 Wh, der spezifische Stundenverlust 16,16 bzw. 18,54 Wh/dm³ beträgt und auch die relative Nennaufnahme bei *D* 42,49, bei *A* nur 39,14 W/dm³ ist. Dennoch lehren die Kurven der Abb. 1 das Gegenteil. Den Ausschlag geben nicht die vorher angeführten Werte, sondern die B a u a r t. Der Prüfung wurden mit Absicht jene beiden Bratöfen unterzogen, die grundsätzlich verschieden

[1] S. Elektrizitätswirtsch. Bd. 30, S. 94 u. 259 (1931).

Zahlentafel 2. Charakteristik zweier Elektro-Bratöfen.

	A	*D*
Wirkliche Aufnahme in Watt	1100	1572
Verbrauch der ersten Aufheizung auf 200° C, Wh	332	674
mittlerer Arbeitsaufwand je Nachheizperiode, Wh	92	138
Kapazität, Wh	233	580
Verbrauch in der ersten Stunde, Wh	640	1043
Verbrauch in der zweiten Stunde, Wh = absoluter Stundenverlust = kleinste Regelstufe für Konstanthaltung von 200° C im Luftschwerpunkt	521	598
Stundenverluste { je dm², Wh	5,87	4,43
Stundenverluste { je dm³, Wh	18,54	16,16
Kapazität je kg Gewicht, Wh	17,38	23,00
relative Nennaufnahme, W/dm³	39,14	42,49

gebaut sind. *A* hat Innen-, *D* Außenheizung. Im letzteren Fall beeinflußt die Abschirmung der Wärmequelle gegen den Betriebsraum durch Blechtafeln die Betriebsverhältnisse weitgehend und im ungünstigen Sinne. Es sei diesbezüglich auf die Prüfung des Bratofens *E* verwiesen[1a], dessen Betriebsverluste sich bei Änderung der Betriebsverhältnisse in den in Zahlentafel 3 niedergelegten Grenzen änderten. Vergleicht man die Werte der dritten und vierten Zeile in Zahlentafel 3, so wird der Unterschied zwischen außen- und innengeheizten Bratöfen klar. In Wirklichkeit ist der Unterschied noch größer als in Zahlentafel 3, denn während beim Bratofen *E* das Schirmblech nur etwa 6 mm von den Heizdrähten entfernt liegt, ist es bei außengeheizten Bratöfen 10 ... 20 mm vom Heizkörper entfernt; zudem kommunizieren der Luftraum der Ober- und der Unterhitze sowie der Seitenteile und der Rückwand untereinander, die Luft kann zirkulieren, was die Betriebsverhältnisse bekanntlich weiter verschlechtert. Die Zahlentafel 3 zeigt nebenbei, daß die Güte eines Bratofens von der relativen Nennaufnahme vollkommen unabhängig ist.

Zahlentafel 3. Änderung der Verluste eines Bratofens (*E*) durch Änderung seiner Betriebsverhältnisse.

Betriebsform	Aufnahme W	mittlerer Arbeitsaufwand je Nachheizperiode Wh	Kapazität Wh	Stundenverlust Wh	Stundenverlust Wh/dm³	relative Nennaufnahme W/dm³
Unter- + Oberhitze	1580	125	555	248	5,80	51,62
Unterhitze allein	780	196	698 !	254	5,93	21,08
Oberhitze allein*	800	144	506	288	6,72	21,62
Oberhitze ohne Schirmblech†	800	81 !	894 !	242	5,65 !	21,62

* Die Oberhitze ist mit Schutzblech gegen den Betriebsraum zu abgeschirmt. Diese Betriebsvariante entspricht grundsätzlich den Eigenschaften eines Bratofens mit Außenheizung.

† Dieser Betriebsfall entspricht grundsätzlich einem innengeheizten Bratofen.

Die Ermittlung des durch Offenstehen der Bratofentür entstehenden Mehraufwandes an Nachheizarbeit, der „reinen Nachheizarbeit“ in Zahlentafel 1, geschieht folgendermaßen: Bei Erreichung von 200 ° C Schwerpunkttemperatur wird die Bratofentür durch eine bekannte Zeitspanne offengehalten; die Zählerablesung geschieht einmal im Augenblick des Schließens der Tür nach Ablauf der Öffnungsdauer und zum zweitenmal bei Wiedererreichung von 200 ° C im Schwerpunkt. Der Unterschied ergibt die in Abb. 1 dargestellte Gesamt-Nachheizarbeit. Die reine Nachheizarbeit ist daraus dadurch ermittelt worden, daß man den absoluten Stundenverlust, siehe Zahlentafel 2, auf die Sekunde umrechnete und von der Gesamt-Nachheizarbeit jeweils den aliquoten Teil abzog. Wie nicht anders zu erwarten[2], ist die reine Nachheizarbeit klein; sie bewegt sich zwischen 7 und 55 Wh und hängt ab:

1. von der Bauart des Bratofens (außen- oder innengeheizt),
2. von der Größe des Luftraumes,
3. von der Kapazität des Bratofens.

Zu Punkt 1 sei bemerkt, daß die konvexe Ausbiegung des aufsteigenden Astes der Temperaturkurve für *D* in Abb. 1, wie sie an der mit *II* bezeichneten Stelle deutlich sichtbar ist, durch den schweren Durchgang erklärt werden kann. Bei 60 s übersteigender Öffnungsdauer gibt offenbar auch das Porzellan des Heizkörpers schon einen Teil seiner kapazitiven Wärme ab, auch der steile Verlauf des absteigenden Astes weist bei *D* auf schwierigen Wärmedurchgang hin, denn in den ersten 40 s Öffnungsdauer ist die Temperaturdifferenz zwischen Heizkörper und Betriebsraum offenbar zu gering, um energischen Wärmedurchgang zu erzielen. Zu Beginn der Nachheizperiode, nach Schließen der Tür, verbraucht bei *D* der Heizkörper in den ersten 50 s zur Herstellung seiner Normalkapazität einen Teil der zugeführten Arbeit (Ausbiegung der Kurve bei *II*), worauf die Wiederaufheizung in etwas rascherem Tempo fortschreitet, ohne jedoch die *A*-Kurve ungeachtet der wesentlich größeren Nennaufnahme erreichen zu können.

Die Betrachtung der Betriebsverhältnisse bei Innen- und Außenheizung ergibt, daß beim innengeheizten Bratofen der im Betriebsraum liegende Heizkörper die Luft unmittelbar aufheizt; außerdem ist zu beachten, daß der Heizkörper wohl den Großteil seiner Wärme an den Luftraum abgibt, aber auch den Blechkörper anstrahlt. Diese Anstrahlung führt zum Wärmedurchgang und weiterhin zu den Verlusten. Während aber beim außengeheizten Bratofen der Wärmedurchgang positiv wirkt (Erzeugung der Nutzwärme), wirkt er beim innengeheizten Rohr negativ, er bedingt die Wärmeverluste, und das gibt der Innenheizung angesichts des schwierigen Wärmedurchganges durch Blechtafeln ihre Überlegenheit. Rohr *A* hat unmittelbaren Wärmeübergang vom Heizkörper zur Luft des Betriebsraumes, die Nachheizung der einströmenden Kaltluft erfolgt daher viel wirksamer und rascher, so daß der flache Verlauf der Abkaltungskurve *A* in Abb. 1 dadurch erklärt ist. Guter Wärmeübergang, kleine Kapazität der Wärmequelle, Schutz des Innenrohres vor starker Abkühlung infolge teilweiser Anstrahlung durch die Heizkörper vereinigen sich zum günstigen Endergebnis. Es ist besonders zu betonen, daß bei Anstrahlung eines nach außen gut wärmeisolierten Rohres durch Innenheizung der Blechkörper weniger abkühlt und die erzeugte Wärme ständig in fast unverändertem Maße, auch bei geöffneter Tür, der Heizung des Luftraumes zugute kommt.

Abb. 2. Charakteristik zweier Bratöfen bei verschiedenen im Luftschwerpunkt eingestellten Betriebstemperaturen.

Wenden wir uns nun der Betrachtung der zweiten Verlustquelle, den spezifischen Stundenverlusten zu, so ist die interessante Tatsache festzustellen, daß sich diese umgekehrt wie die Öffnungsverluste verhalten. Der spezifische Stundenverlust ist, wie schon aus Zahlentafel 2 und 3 hervorgeht, durch die Bauart (Außen- oder Innenheizung) überhaupt nicht zu beeinflussen, hingegen wird weiter unten nachgewiesen, daß er von der Betriebstemperatur in hohem Maße abhängt. Zur Schöpfung dieser Erkenntnis wurde der Bratofen *A* bei 160, 200 und 300 ° C, *D* bei 200 und 300 ° C im Betriebe gehalten; die Verluste wurden in bekannter Weise ermittelt[3]. Abb. 2 zeigt die Betriebsdiagramme und die weitgehende Verschiebung der Betriebsverhältnisse. Die zugehörigen Ziffern sind in Zahlentafel 4 vereinigt. Die Verlustkurven und die Kurve der Kapazitätsänderung in Abhängigkeit von der Betriebstemperatur bringt Abb. 3. Die starke Erhöhung der Verluste durch Steigerung der Betriebstemperatur ist durch die geringe Entfernung zwischen Heizkörper und Bratofenoberfläche zu erklären. Beim Bau derartiger Geräte, auch von Trockenschränken u. dgl. für industrielle Zwecke, geht man demnach beim Entwurf zweckmäßig von der verlangten Betriebstemperatur aus. Je höher diese, um so weiter sollte man die Wärmequelle von der Oberfläche entfernt halten, wobei das einfachste Auskunftsmittel, die Wärmeisolation recht dick zu machen, das verkehrteste ist. Im allgemeinen wird die Innenheizung den Vorzug verdienen; Außenheizung wird auf jene Sonderfälle beschränkt bleiben, die Innenheizung ausschließen. Je öfter ein Gerät betriebsmäßig geöffnet werden muß und je größer sein Luftinhalt ist, um so mehr sprechen wirtschaftliche Erwägungen für die Anwendung der Innenheizung. Die Betriebsform spielt insbesondere bei industriellen Schränken ebenfalls eine sehr wichtige Rolle. Schränke, welche sehr oft in und außer Betrieb gesetzt werden, baut man zweckmäßig mit möglichst kleiner Kapazität, der spezifische Stundenverlust spielt eine untergeordnete Rolle. Steht ein Gerät jedoch z. B. 24 h oder eine ganze Woche ununterbrochen in Betrieb, so darf die Kapazität groß sein, der Senkung der Verluste hingegen muß größtes Augenmerk gewidmet werden.

Für Bau und Betrieb von Bratöfen können aus vorstehendem folgende Schlüsse gezogen werden:

Der Öffnungsverlust ist praktisch vernachlässigbar klein, daher muß die Köchin nicht, wie dies in manchen Betriebsanweisungen empfohlen wird, das Öffnen des Bratofens womöglich ganz unterlassen. Wenn ein guter Brat-

[1a] Wie Fußnote 1.

[2] Siehe den geschätzten Wert von 70 Wh in Elektrizitätswirtsch. Bd. 30, S. 98, Z. 16 v. o (1931).

[3] Wie Fußnote 1.

ofen selbst zweimal je $1^1/_2$ min lang offenstehen gelassen wird, betragen die entstehenden Verluste kaum 0,15 kWh.

Der spezifische Stundenverlust ist in hohem Maße von der Betriebstemperatur abhängig; im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit ist diese somit keineswegs höher zu halten als dem angestrebten Zwecke gerade noch entspricht. Von Interesse ist auch hier der Einfluß der Wärmeisolation. Betrachtet man Abb. 3 daraufhin, so findet man, daß das mangelhaft isolierte Rohr *A* linearen Verlauf mit höherer Verlustkonstante aufweist, während der Verlauf bei dem besser isolierten Bratofen *D* flacher geht, d. h. dieser arbeitet mit kleinerer Verlustkonstante.

Es sei noch besonders darauf aufmerksam gemacht, daß der absolute Stundenverlust bekanntlich identisch ist mit der kleinsten Regelstufe für Konstanthaltung der dem Versuch jeweils zugrunde liegenden Schwerpunkttemperatur, was in Reihe 7 der Zahlentafel 4 entsprechend berücksichtigt wurde.

Zahlentafel 4. Zusammenhang zwischen den Betriebstemperaturen und den Betriebsverlusten.

		A			D	
		160° C	200° C	300° C	200° C	300° C
Dauer der ersten Aufheizung	s	975	1090	1984	1312	2032
Verbrauch der ersten Aufheizung	Wh	286	332	636	674	1019
Mittlerer Aufwand je Nachheizperiode	Wh	117	92	177	138	149
Anteil der Nachheizarbeit an der Aufheizung	%	80	75	70	65	60
Eigenkapazität	Wh	192	233	512	580	930
Verbrauch der ersten Stunde	kWh	0,404	0,640	1,063	1,043	1,447
Verbrauch der zweiten Stunde = absoluter Stundenverlust = kleinste Regelstufe für Konstanthaltung d. Schwerpunkttemperatur	kWh	0,351	0,521	0,993	0,598	0,943
Verbrauch in 2 h	kWh	0,755	1,161	2,056	1,641	2,390
spezifischer Stundenverlust:						
je dm^2	Wh	3,95	5,87	11,19	4,43	6,99
je dm^3	Wh	12,47	18,54	35,33	16,16	25,48
Kapazität je kg Gewicht	Wh	14,33	17,38	38,21	23,20	37,20

Schließlich sei eine auffallende Erscheinung in der Zahlentafel 4 besprochen: Bei Rohr *A* ist der mittlere Arbeitsaufwand je Nachheizperiode bei 160 ° C ganz wesentlich, um 26 %, höher als bei 200 ° C. Dies klärt der Vergleich der zugehörigen Betriebsdiagramme in Abb. 2. Bei 160 ° C beträgt die zwischen zwei Aufheizperioden verstreichende Pause 17 ... 20 min, bei 200 ° C nur rd. 7 min, also etwa ⅓. Ohne Zweifel wird sonach bei Betrieb mit 160 ° C ein verhältnismäßig großer Teil der Kapazität während der Abkühlungsperiode verlorengehen, der bei jeder Nachheizperiode wieder nachgespeichert werden muß.

Eine weitere, interessante Erscheinung kann noch aus dem Betriebsdiagramm Abb. 2 für Rohr *A* abgelesen werden. Dieses Gerät zeigt bei 300 ° C Betriebstemperatur Abkühlungspausen von nur 2 min; dies besagt, daß die höchsterreichbare Betriebstemperatur kaum wesentlich über 300° C gesteigert werden könnte. Da dies praktisch auch nicht nötig ist, ist Rohr *A* auch bezüglich der Auslegung der erreichbaren Endtemperatur richtig gebaut.

Abb. 3. Kapazitäts- und Verlustkurven zweier verschieden gebauter Bratöfen bei 160 ... 300 ° C Betriebstemperatur im Luftschwerpunkt.

Die Messungen, welche der Abb. 2 zugrunde liegen, werden durch Vergleich mit dem Anstieg der Temperaturkurve in der Elektrizitätswirtsch. Bd. 30, S. 261 (1931) Abb. 6, vollkommen bestätigt, wo die Verlängerung der *A*-Kurve bei Meßstelle 3 identische Werte ergibt. Auch der flache Verlauf der *A*-Kurve daselbst läßt die Unmöglichkeit der Erreichung wesentlich höherer Schwerpunkttemperaturen als 300 ° C erkennen.

Bei Rohr *D* ist hingegen auf Grund der Betriebspausen bei 300 ° C aus unserer Abb. 2 herauszulesen, daß die erreichbare Höchsttemperatur voraussichtlich zwischen 350 und 370 ° C liegen dürfte, was übrigens auch aus der höheren Wattaufnahme und den geringeren spezifischen Stundenverlusten gefolgert werden kann.

Die Berechnung der elektrischen Verluste bei schwankenden Lastverhältnissen in Netzen und Energiewandlern auf Grund von Erfahrungswerten.

Von Dr.-Ing. Dr. jur. **Max Wolf**, Darmstadt.

Übersicht. **Es werden die Ursachen erörtert, woran bisher die schnelle Berechnung der elektrischen Verluste bei schwankenden Lastverhältnissen in Netzen gescheitert ist. Eine einfache Voraussetzung ermöglicht die Berechnung aller Probleme ohne mathematische Hilfsmittel. Die auf Grund dieser Voraussetzung aus vielen Hunderten von Belastungskurven der Jahre 1903 ... 1930 ermittelten graphischen Ergebnisse schaffen die Grundlage für alle Verlustberechnungen. Ein Beispiel zeigt zunächst die einfache Verlustberechnung bei reinen Wirkbelastungen bzw. in Gleichstromnetzen.**

Bei elektrischen Vorgängen pflegt man das Auftreten von Verlusten in der Regel als ein unvermeidliches Übel zu betrachten. Nur wenn sie sich gar zu unangenehm bemerkbar machen und wie in der Hochspannungstechnik unter Umständen geradezu den Betrieb einer Anlage zu unterbinden drohen, sucht man sie durch entsprechende Gegenmaßnahmen zu bekämpfen. Ob diese Mittel die geeigneten sind, ob sie vor allem die wirtschaftlich richtige Maßnahme darstellen, konnte bisher nur in den einfachsten Fällen nachgeprüft werden. In komplizierteren Fällen dagegen, besonders wenn es sich um die Verluste von verzweigten und vermaschten Netzen handelte, war jede Nachkontrolle unmöglich.

Doch ist nur die volkswirtschaftliche Seite dieses Verlustproblems schon wichtig genug, wenn man sich die Tatsache vor Augen hält, daß ungefähr 18 ... 20 % unserer gesamten Stromerzeugung allein in den Netzen auf dem Wege vom Erzeuger zum Verbraucher verlorengehen, ganz zu schweigen von den weiteren Verlusten, welche bei der Energieumwandlung bei den einzelnen Abnehmern entstehen.

Abb. 1. Die Höhe der Netzverluste der 238 größten deutschen Elektrizitätswerke im Jahre 1927.

Daß aber auch die bestgeleiteten und modernsten Werke hinsichtlich der Höhe der Verluste sich nicht wesentlich von den kleineren unterscheiden, ergibt die Abb. 1, in der nach der Statistik der Vereinigung der Elektrizitätswerke für 1927 die Zahl der Werke und die Höhe ihrer Verluste in Prozent der Erzeugung angegeben sind. Diese Zusammenstellung, die nur die 238 größten deutschen Werke umfaßt, ergibt, daß 39,5 % der untersuchten Werke Verluste zwischen 0 und 10 %, 49,6 % Verluste zwischen 10 und 20 % und 10,9 % über 20 % aufweisen. Wenn man sich dabei vergegenwärtigt, daß es sich bei diesen Werken mit 0 bis 10 % Verlusten um besonders günstige Verhältnisse und vielleicht auch um statistische Fehler handelt, und wenn man noch weiter an die zahllosen kleineren Werke und Eigenbedarfsanlagen mit z. T. recht hohen Verlusten denkt, so wird die Bedeutung der Verluste für unsere Elektrizitätswirtschaft offenbar.

Bisher scheiterten die Versuche zur Erfassung der Verluste in Netzen und Energiewandlern — insbesondere bei schwankenden Lastverhältnissen — am Fehlen allgemein gültiger Unterlagen. Eine Reihe von Autoren[1,2,3,4,5] hat zwar solche zu beschaffen versucht, indem sie eine Beziehung zwischen der Belastung des Netzes, Netzteiles oder Energiewandlers und den Verlusten angab, doch beruhen diese Angaben mit Ausnahme der amerikanischen ausschließlich auf symbolisierten Belastungskurven.

Der Verfasser setzte es sich deshalb zur Aufgabe, Zahlenwerte auf Grund tatsächlicher Kurven für Tages-, Monats- und Jahresverluste in größerem Umfange zu sammeln und auszuwerten, um damit für die Verlustberechnungen eine breitere Grundlage zu schaffen. Zwar stellen die im folgenden ermittelten Zahlen auch nur das Ergebnis von Näherungsrechnungen dar, doch dürften sie sich immerhin wesentlich besser zur Lösung mancher Verlustprobleme eignen als die Heranziehung der Methoden der Graphostatik oder der Theorien des Ausgleichs[6,7,8,9], solange nicht großzügig in den verschiedensten Netzen über mehrere Jahre erstreckte Messungen und Analysen[10,11,12,13,14] einwandfreie Werte liefern können.

Solange es daher keine Ergebnisse gibt, die auf der Analyse mittels Messung beruhen, muß man sich mit solchen Rechenoperationen behelfen, welche diese Unsicherheit einigermaßen ausgleichen.

Als Grundlage für alle folgenden Rechnungen untersuchen wir zunächst die Verluste, welche bei wechselnder Belastung in einem ohmschen Widerstande R entstehen, der praktisch von der Temperatur und der Belastung unabhängig sein soll.

In manchen Fällen empfiehlt sich aber mehr die Ermittlung einer Konstanten C, für die das gleiche wie für den Widerstand R gilt. Diese Konstante C ist im Einphasensystem: $C = \frac{R}{U^2}$ (worin U die Spannung bedeutet) und im Dreiphasensystem $\frac{R}{3\,U^2}$ und ergibt mit dem Quadrat der Leistung multipliziert die Verluste. Bei denjenigen Arbeiten, bei denen mit Leistungen gerechnet wird, wie z. B. bei Netzbelastungen, wird die Rechnung durch Einführung von C wesentlich erleichtert[15].

[1] Rossander, Symboliska belastningskurvor och deras användning, Ingeniörs Vetenskaps Akademien, Handlingar Nr. 3, Stockholm 1921.
[2] Tröger, Großkraftübertragung, ETZ 1920, S. 908.
[3] Tröger, Die Bedeutung des Blindverbrauchs bei Kraftübertragung, Mitteilung der Technisch-wissenschaftlichen Vereine Schlesiens vom 10. X. 1922.
[4] Buller u. Woodrow, Der Belastungsfaktor im Vergleich zu äquivalenten Stundenwerten, El. World Bd. 92, S. 95 u. 320 (1928).
[5] Lang, Beiträge zur analytischen und graphischen Untersuchung von Wechselstromübertragungen unter besonderer Berücksichtigung der wirtschaftlichen Phasenkompensation und der wirtschaftlichen Spannungsregelung mit Blindströmen. Dissertation Darmstadt 1928.
[6] G. Dettmar, Über den Ausgleich der Einzelbelastungen bei Elektrizitätswerken (Verschiedenheitsfaktor). ETZ 1926, S. 33, 78, 100, 184, 1092.
[7] F. Bergtold, Die Bewertung der verschiedenen Gruppen von Elektrizitätsabnehmern. Elektro-Journ. Bd. 6, S. 370 (1926).
[8] W. Kummer, Die wissenschaftlichen Grundlagen der Preisbildung für die elektrische Arbeit. Verlag Vieweg, Braunschweig 1929.
[9] G. Schnaus, Verschiedenheitsfaktor, Wahrscheinlichkeitstheorie und ihre Anwendung in elektrowirtschaftlichen Rechnungen. ETZ 1931, S. 441 u. 468.
[10] R. Schneider, Analyse und Synthese von Belastungskurven als Hilfsmittel für wirtschaftliche Untersuchungen. ETZ 1929, S. 337.
[11] R. Schneider, Propaganda und Tarifpolitik auf Grund von Analyse und Synthese von Belastungskurven. Das kommunale Elektrizitätswerk 1929, S. 31.
[12] R. Schneider, Stromtarife und Stromtarifpolitik, Referat von M. Wolf. Elektrizitätsverwertung 1929, S. 35.
[13] R. Schneider, Kleinverbrauchs- und Haushaltungstarife, Referat von M. Wolf, ETZ 1929, S. 826.
[14] R. Schneider u. M. Wolf, Die topographische Darstellung der Belastungsverhältnisse von Elektrizitätswerken. ETZ 1931, S. 235.
[15] Die Konstante C hat die Dimension der reziproken Leistung; ihre Berechnung in Netzen wird später erläutert.

Diese Annahme ermöglicht die Aufstellung von Beziehungen zwischen den Verlusten und der Belastung, welche schon von den oben erwähnten Verfassern[16] angegeben wurden.

Bekanntlich definieren wir den Belastungsfaktor m als das Verhältnis zweier Flächen als:

$$m = \frac{\text{tatsächliche Gesamtarbeit während eines Zeitraumes}}{\text{in diesem Zeitraum aufgetretene Höchstbelastung} \times \text{Gesamtstundenzahl dieses Zeitraumes}} = \frac{F}{S\,T}. \tag{1}$$

Je nachdem es sich bei diesem Zeitraum um den Tag, den Monat oder das Jahr handelt, führen wir noch die Indices T und M ein, während wir die Jahreswerte ohne Index lassen wollen[17].

Durch das Verhältnis zweier Leistungen definieren wir ihn auch als:

$$m = \frac{\text{mittlere Leistung eines Zeitraumes}}{\text{Höchstbelastung in diesem Zeitraum}} = \frac{L_m}{S}. \tag{2}$$

Auch hier werden die betreffenden Zeiträume durch die erwähnten Indices gekennzeichnet.

Den Belastungsfaktor m hat man nun in Beziehung zu dem von Rossander[18] und Tröger[19] eingeführten **Arbeitsverlustfaktor** oder **Arbeitsverlustgrad** ϑ zu bringen. Wir verstehen unter dem Arbeitsverlustfaktor ϑ den Quotienten aus dem tatsächlichen Kupferverlust eines stromdurchflossenen Leiters oder Systems zum maximalen Kupferverlust, der über die ganze betrachtete Zeitperiode gerechnet wird.

$$\left.\begin{aligned} \vartheta &= \frac{\text{Tatsächlicher Kupferverlust}}{\text{Spitzenkupferverlust} \times T} = \frac{F_V}{F_{V_S}} \\ &= \frac{\int_0^T L_{V_t}\,dt}{T\,L_{V_S}} = \frac{R\int_0^T I_t^2\,dt}{R\,I_S^2\,T} = \frac{\int_0^T I_t^2\,dt}{I_S^2\,T} \\ &= \frac{C\int_0^T L_t^2\,dt}{C\,S^2\,T} = \frac{\int_0^T L_t^2\,dt}{S^2\,T}. \end{aligned}\right\} \tag{3}$$

Hierin bedeuten:

- I den Strom in Ampere,
- L die Leistung in kW,
- I_t den Momentanstrom, I_S den Spitzenstrom in Amp.,
- L_t die Momentanleistung, S die Spitzenleistung in kW,
- L_{V_t} die momentane Verlustleistung, L_{V_S} die Spitzenverlustleistung in kW,
- T die Zeitdauer des betrachteten Zeitraumes in Stunden,
- F die Arbeitsfläche in kWh.

Der Index V bedeutet Verlust, der Index S Beziehung auf die Spitze.

Gewissermaßen eine Abart des Arbeitsverlustfaktors ϑ stellt die von den Amerikanern[20] und auch in Deutschland[21] propagierte Verluststundenzahl h_V dar, welche als die Durchschnittstundenzahl definiert ist, mit der die Spitze abgenommen werden muß, um die gleichen Verluste wie die wechselnde Belastung zu ergeben. Es ist:

$$F_V = C\int_0^T L_t^2\,dt \tag{4}$$

und ebenso

$$F_V = C\,S^2\,h_V. \tag{5}$$

Hierin hat C wiederum den oben angegebenen Wert. Damit ist:

$$\begin{aligned} h_V &= \frac{C\int_0^T L_t^2\,dt}{C\,S^2} = \frac{\int_0^T L_t^2\,dt}{S^2} = \frac{R\int_0^T I_t^2\,dt}{R\,I_S^2} \\ &= \frac{\int_0^T I_t^2\,dt}{I_S^2} = \vartheta\,T. \end{aligned} \tag{6}$$

Bevor wir jetzt zur einfachen graphischen Darstellung der Beziehungen von Belastungsfaktor und Arbeitsverlustfaktor übergehen, wollen wir die Grenzwerte des Arbeitsverlustfaktors für einen bestimmten Belastungsfaktor bestimmen. Diese Beziehung ist zwar schon lange bekannt, soll aber der Übersichtlichkeit wegen doch gebracht werden[20, 21, 22].

[16] S. Fußnoten 1 ... 5.
[17] R. Schneider, Beitrag zu Sektion 3 der Weltkraftkonferenz 1930.
[18] S. Fußnote 1.
[19] S. Fußnote 2 u. 3.
[20] S. Fußnote 4.
[21] Burger, Drehstromkraftübertragung. Verlag Julius Springer 1927.
[22] Reyneau u. Seely, Ökonomie der elektrischen Verteilung.

Die Abnahme bei dem Belastungsfaktor m kann sich zwischen zwei Grenzen bewegen (Abb. 2):

1. Abnahme der Spitzenleistung S während der Zeit $T\,m$,
2. Abnahme der Leistung $S\,m$ während der Zeit T.

Zu 1): Dieser Belastungsfall ist der ungünstigste. Bezeichnet wiederum $C = \frac{R}{U^2}$, so ist das Zeitintegral des Spitzenverlustes (Gl. 3)

$$F_{V_S} = C\,S^2\,T.$$

Die Verlustarbeit F_V für den Fall 1 wird:

$$F_V = C\,S^2\,T\,m.$$

Wir erhalten den maximalen Wert für ϑ, wenn wir nach Definition bilden:

$$\vartheta_{\max} = \frac{F_V}{F_{V_S}} = \frac{C\,S^2\,T\,m}{C\,S^2\,T} = m. \qquad (7)$$

Zu 2): Dieser Belastungsfall ist der günstigste und ϑ erhält seinen geringsten Wert:

$$\vartheta_{\min} = \frac{C\,(S\,m)^2\,T}{C\,S^2\,T} = m^2. \qquad (8)$$

Der Wert des Arbeitsverlustfaktors ϑ wird also für jede Belastungskurve zwischen diesen beiden Grenzen schwanken. Praktisch nähert er sich, wie die folgenden Abbildungen zeigen werden, mehr dem letzteren Werte. Das bedeutet, daß bei Belastungskurven mit ausgeprägter Mittellast die Spitzen von verhältnismäßig geringem Einfluß sind.

Abb. 2. Grenzkurvenformen bei gleichem Belastungsfaktor.

Mit Rücksicht auf Gl. (6) ergeben sich ferner die Grenzfälle der Verluststunden h_V zu:

$$h_{V_{\max}} = m\,T \qquad (9)$$

$$h_{V_{\min}} = m^2\,T \qquad (10)$$

Die Darstellung der Arbeitsverlustfaktoren aus den Belastungsfaktoren ist sowohl von Rossander[23]) als auch von Tröger versucht worden. Rossander bedient sich dabei einer mathematischen Näherungsdarstellung von Jahresbelastungskurven (Jahresdauerlinien), Tröger der mathematischen Auswertung von doppelt gebrochenen Linienzügen, welche die Jahresbelastungskurven ersetzen sollten.

Nach Gl. (3) war aber dieser Quotient als das Zeitintegral des Leistungsquadrates zum Zeitintegral des Spitzenleistungsquadrates darzustellen: also

$$\vartheta = \frac{\int_0^T L_t^2\,\mathrm{d}t}{S^2\,T}.$$

Um obiges Integral zu finden, hat man also nur jede Leistung L_{t_1}, L_{t_2} usw. der zu untersuchenden Kurve zu quadrieren und die Quadratkurve zu zeichnen. Deren Flächeninhalt wird geteilt durch das Quadrat der Spitzenleistung und multipliziert mit der Zeitdauer der Kurve. Der Quotient ist ϑ.

Man wird einsehen, daß dieses Verfahren eine sehr erhebliche Rechen- und Zeichenarbeit, aber keine große Überlegungen erfordert. Auch der Belastungsfaktor m ist gleichfalls aus dem Flächeninhalt F der unquadrierten Kurve nach Gl. (1) leicht zu bestimmen. Doch auch diese Arbeiten lassen sich durch die Anschaffung geeigneter Geräte: Quadrierlineale und insbesondere Momentenplanimeter, welche sofort das Integral $\int_0^T L_t^2\,\mathrm{d}t$ angeben, sehr vereinfachen.

In Zukunft dürfte sich aber die Berechnung dieser Werte in den meisten Fällen erübrigen, da im folgenden die Beziehungen zwischen den Arbeitsverlustfaktoren und den Belastungsfaktoren auf Grund umfassender Untersuchungen, zunächst der Wirkbelastungskurven, und zwar für Tages-, Monats- und Jahreswerte angegeben werden sollen. Diese Arbeitsverlustfaktoren dienen, besonders bei Einführung des $\cos\varphi$, zur Berechnung der Verluste und der Wirkungsgrade von Transformatoren, Generatoren, Kabeln, Netzen, kurz aller stromdurchflossenen Leiter, Maschinen und Apparate und setzen praktisch keine größere Arbeit als die Berechnung des jeweiligen Maximalverlustes der untersuchten Zeitperiode voraus.

Mittels der eben erwähnten Methode wurden aus mehreren Hunderten von Wirkbelastungskurven aus den Jahren 1903 ... 1930 zunächst die Belastungsfaktoren der Wirkleistung m_w und durch Quadrieren die zugehörigen Arbeitsverlustfaktoren der Wirkleistung ϑ_w ermittelt und in Kurvenform aufgetragen. Untersucht wurden Licht-, Kraft-, Bahn- und sonstige Kurven. Mehrere Belastungsgebirge ermöglichen die Aufstellung von Monats- und Jahreskurven. Die Ergebnisse sind in den folgenden Abbildungen 3, 4 u. 5 graphisch dargestellt. Zur Veranschaulichung wurden gleichfalls auch die beiden Grenzfälle des Arbeitsverlustfaktors, $\vartheta = m$ und $\vartheta = m^2$, eingezeichnet.

Abb. 3. Der tägliche Wirk-Arbeitsverlustfaktor in Abhängigkeit des täglichen Wirk-Belastungsfaktors.

Abb. 4. Der monatliche Wirk-Arbeitsverlustfaktor in Abhängigkeit des monatlichen Wirk-Belastungsfaktors.

Abb. 5. Der jährliche Wirk-Arbeitsverlustfaktor in Abhängigkeit des jährlichen Wirk-Belastungsfaktors.

Die Arbeiten beider Verfasser erfordern recht komplizierte mathematische Überlegungen, so daß wohl darauf die geringe Verwendung ihrer Ergebnisse in der Praxis zurückzuführen ist, trotzdem ihre Anwendung sehr einfach und vielseitig ist und verhältnismäßig geringe Aufmerksamkeit erfordert.

Es erschien daher als wünschenswert, eine solche Ableitung zu geben, welche leicht verständlich ist und geringe Rechenarbeit erfordert. Wir bedienen uns dazu einfach der Definition des Arbeitsverlustfaktors:

$$\vartheta = \frac{\text{tatsächlicher Kupferverlust}}{\text{Spitzenkupferverlust} \times T}.$$

Wenn auch die Streuung der Kurven nicht unbeträchtlich ist, so wird man doch durch diese Punktschar die eingezeichneten Kurven hindurchlegen können. Die Berechtigung dazu hat man um so mehr, als eine Auswertung nach der Methode der kleinsten Quadrate zu den Unmöglichkeiten gehört und anderseits der Ersatz von Punktscharen durch Kurven, die man durch den Schwerpunkt solcher Scharen legt, in der Elektrizitätswirtschaft stets ausgezeichnete Ergebnisse geliefert hat[24].

Es zeigt sich hier die erstaunliche Tatsache, daß die Kurven der Tages-, Monats- und Jahres-Arbeitsverlustfak-

[23] **Rossander** entwickelt in seiner Arbeit einen Koeffizienten, der **nichts anderes als** der Arbeitsverlustfaktor von Tröger ist.

[24] So auch bei den Berechnungen, welche in dem Buche von Klingenberg, Bau großer Elektrizitätswerke, angegeben werden.

toren gleiche Charakteristik haben. Wir erhalten damit allgemein folgende ϑ_w-Werte als Funktion von m_w:

m_w	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0
ϑ_w	1	0,815	0,66	0,525	0,4	0,29	0,195	0,115	0,055	0,002	0

Um einen Vergleich mit den sonstigen Veröffentlichungen zu ermöglichen[25], sei die nach dem Newtonschen Verfahren berechnete Gleichung dieser Kurve angegeben:

$$\vartheta_w = 0{,}083\, m_w + 1{,}036\, m_w^2 - 0{,}12\, m_w^3. \qquad (11)$$

Die Gegenüberstellung der Arbeitsverlustfaktoren ϑ_w der reinen Wirkleistung nach den Veröffentlichungen der prozentualen Verluststunden der Amerikaner Buller und Woodrow, der Arbeitsverlustfaktoren von Tröger (1920 und 1922) und der vom Verfasser berechneten Werte zeigen die in Zahlentafel 1 angegebenen Werte.

Zahlentafel 1.

m_w	Buller u. Woodrow ϑ_w	Tröger 1920 ϑ_w	Tröger 1922 ϑ_w	Verfasser ϑ_w
1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
0,9	0,836	0,811	0,81	0,815
0,8	0,687	0,645	0,65	0,66
0,7	0,553	0,501	0,52	0,525
0,6	0,432	0,379	0,4	0,4
0,5	0,325	0,28	0,31	0,29
0,4	0,232	0,203	0,23	0,195
0,3	0,173	0,149	0,16	0,115
0,2	0,088	—	0,08	0,055
0,1	0,037	—	0,04	0,02
0,0	0,0	—	0,0	0,0

Aus dieser Gegenüberstellung ist zu erkennen, daß die beiden Amerikaner die höchsten Verlustziffern errechnet haben. Sie geben aber in ihrer Arbeit selbst an, daß ihnen im Bereich niedriger und höchster Belastungsfaktoren keine Kurven zur Verfügung gestanden haben. Die ersten Trögerschen Veröffentlichungen stellen die niedrigsten Verlustziffern dar, während die Angaben von 1922, die von Tröger gleichfalls auf Grund gebrochener Linienzüge errechnet wurden, mit denen des Verfassers im Bereich der hohen Belastungsfaktoren fast vollkommen übereinstimmen. Im Bereich der niedrigen Belastungsfaktoren unterschreiten die vom Verfasser ermittelten Werte des Arbeitsverlustfaktors die Werte aller anderen Autoren, doch konnte gerade dieser Teil der Kurve bis zu einem Belastungsfaktor von 0,14 noch mit Punkten belegt werden.

Von der Benutzung dieser Arbeitsverlustfaktoren für allgemeine Verlustberechnungen darf man sich nicht deshalb abhalten lassen, weil sie aus Belastungskurven der Erzeugung, z. B. denen von Kraftwerken, ermittelt wurden. Diese enthalten außer der Angabe an die Abnehmer auch die festen und veränderlichen Verluste. Um also den Arbeitsverlustfaktor bei den Abnehmern zu finden, wäre es nötig, den Belastungsfaktor aller Abnehmer zu erfassen und für diesen den Arbeitsverlustfaktor zu bestimmen. Es läßt sich aber verhältnismäßig einfach nachweisen, daß sich der Abnehmerbelastungsfaktor von dem der Erzeugung praktisch nicht wesentlich unterscheidet und daß demnach auch die Unterschiede in den Arbeitsverlustfaktoren gering sind.

Die oben angegebenen Kurven gelten zunächst nur für Wirkbelastungen und Gleichstromnetze. Ihre Verwendung für Blind- und Scheinbelastungen unter Benutzung einer von Tröger eingeführten Konstanten c soll in einem späteren Aufsatz gezeigt werden.

[25] Buller u. Woodrow haben eine Gleichung für die prozentualen Verluststunden aufgestellt. Aus dieser läßt sich die Gleichung des Arbeitsverlustfaktors der Wirkleistung ableiten. So erhält man:

$$\vartheta_{w\,\mathrm{B.\,u.W.}} = 0{,}7\, m^2 + 0{,}3\, m.$$

Beispiel. Ein einfaches Beispiel mag hier zunächst die Anwendung des Arbeitsverlustfaktors der Wirkbelastung erläutern.

Ein Gleichstrom-Einleiterkabel von 500 V Betriebspannung und 300 mm² Querschnitt beliefert einen Stadtteil, der einen jährlichen Belastungsfaktor von 50 % aufweist. Die maximal auftretende Spitze betrage 500 A.

Wir berechnen die unter diesen Bedingungen auftretenden jährlichen Verluste, wenn das Kabel eine Länge von 1 km hat und der Widerstand bei 15 ° C 0,064 Ω/km beträgt.

Aus der Zahlentafel ergibt sich für einen Belastungsfaktor $m_w = 0{,}5$ ein Arbeitsverlustfaktor $\vartheta_w = 0{,}29$. Die Spitzenkupferverluste ergeben sich zu $L_{V_S} = I_S^2 R = 500^2 \cdot 0{,}064 \cdot 1 = 16$ kW. Nach Gl. (3) erhalten wir damit die gesamten jährlichen Verluste, wenn man diesen Spitzenkupferverlust mit der Jahresstundenzahl (8760 h) und dem Arbeitsverlustfaktor ϑ multipliziert. Die jährlichen Verluste dieses Kabels sind also:

$$F_V = L_{V_S}\, T\, \vartheta_w = I_S^2\, R\, T\, \vartheta_w = 16 \cdot 8760 \cdot 0{,}29 = 40\,700 \text{ kWh}.$$

Für Hin- und Rückleitung entstehen also 81 400 kWh Verluste.

Die gesamte abgenommene Arbeit betrug:

$$F = m\, I_S\, U\, T = 0{,}5 \cdot 500 \cdot 500 \cdot 8760 = 1\,095\,000 \text{ kWh}.$$

Zu erzeugen waren also:

$$1\,095\,000 + 81\,400 = 1\,176\,400 \text{ kWh}.$$

In Prozent der Erzeugung betragen also die Verluste 6,95 %. Der Wirkungsgrad der Übertragung ist daher:

$$\eta = \frac{1\,095\,000}{1\,176\,400} \cdot 100 = 93{,}05\ \%.$$

Die Verluststundenzahl h_V war in diesem Falle $h_V = \vartheta \cdot T = 0{,}29 \cdot 8760 = 2540$ h. Da der Spitzenverlust 16 kW beträgt, erhält man für ein Kabel gleichfalls:

$$F_V = 16 \text{ kW} \cdot 2540 \text{ h} = 40\,700 \text{ kWh}.$$

Dieses Beispiel zeigt die einfache Anwendbarkeit der Rechnung mit Arbeitsverlustfaktoren bzw. mit Verluststunden. Weitere Untersuchungen, die auch den cos φ, die festen Verluste und die kapazitiven Verluste in Rechnung stellen, bauen auf diesen aus praktischen Werten gewonnenen Kurven auf. Sie ermöglichen dem projektierenden Ingenieur wie auch dem Wirtschaftler die Erfassung der Verluste und Verlustkosten mit einer stets ausreichenden Genauigkeit und erfordern nur unter ganz ungewöhnlichen Verhältnissen exakte Rechnungen, da auch schon recht extreme Belastungskurven bei der Aufstellung der Kurven der Arbeitsverlustfaktoren berücksichtigt wurden[26].

[26] Ein weiterer Aufsatz über diese Fragen folgt.

Versuche über Maschinenregelung und Parallelbetrieb in den Großkraftwerken Hirschfelde und Böhlen*.

II. Anordnung und Art der Durchführung der Versuche.

Von K. Kühn, Dresden.

(Schluß von S. 1219.)

Von den im einzelnen in Hirschfelde und Böhlen durchgeführten Versuchen sind in der in dem vorhergehenden Teil dieses Aufsatzes begonnenen Zusammenstellung nur die Entlastungsversuche, weiter die Versuche zur Ermittlung der Fliehkraftregler-Charakteristik, die zur Aufnahme der statischen Drehzahlkennlinien und die zur Ermittlung der synchronisierenden Kräfte sowie die dazugehörigen Abbildungen enthalten. Der hier folgende Teil der Zusammenstellung bringt die weiteren Versuche, u. zw. die Versuche zur Ermittlung der Dämpfungs- und Eigenschwingungszahl bei Entlastung, die Erregungsversuche, die Versuche über den Einfluß von Be- und Entlastungsstößen sowie den Einfluß unterschiedlicher Einstellung der Leistungsregler auf die Stabilität parallel arbeitender Maschinen, weiter die Versuche über den Einfluß von Kurzschlüssen und die Fangversuche.

Die zu diesen Versuchen aufgenommenen Abbildungen über die Versuchsergebnisse werden ebenfalls in den weiteren noch folgenden Aufsätzen erörtert.

* Teil I „Überblick über Veranlassung, Zweck und Ergebnisse der Versuche" siehe ETZ 1931, S. 791.

A	B	C	D	E		F
				Messungen		
Ver-suchNr.	Versuchsart	Schaltung	Ausführung	Größe	Meßstelle	aufgenommene Kurven
5	Dämpfung und Eigen-schwingungszahl bei Entlastung	Schnellschlußventile von Hand eingestoßen; 100 kV; Netz normal, parallel mit anderen Werken	Die mit dem Netz parallelarbeitende Versuchsmaschine wurde auf bestimmte Leistungen eingestellt: a) auf 70 ... 80% b) auf rd. 100% der Nennleistung. Dann wurde das Schnellschlußventil eingestoßen und damit die Dampfzufuhr abgesperrt. Die Maschine wurde elektrisch hierbei nicht von der Sammelschiene getrennt, so daß sie bald nach Einstoßen des Schnellschlußventiles vom Netz her angetrieben wurde.	Strom Spannung Erregerstrom Leistung Polradverdrehung (Differenzspg.) Umdrehungszahl	I U i L P n	Abb. 38 „ 39
6 a)	Erregungs-versuche durch Schnellregler (Nebenschluß-regler)	Schnellregler; Schnellregler; Wird abgeschaltet	Zwei Versuchsmaschinen wurden getrennt vom Netz über eine besondere Sammelschiene parallel geschaltet. Bei der einen Maschine wurde ein voreilender Blindstrom von rd. 57% eingestellt, den die andere Maschine als nacheilenden Blindstrom aufnahm. Jede Maschine wurde für sich durch ihren Regler beeinflußt. Die Maschinen wurden dann durch Betätigung eines Ölschalters getrennt. Die hierbei eintretende Spannungsenkung bei der einen Maschine und Spannungserhöhung bei der anderen Maschine mußten dann von den Schnellreglern zurückgeregelt werden.	Strom Spannung Erregerstrom Erregerspannung	I U_1 U_2 i_1 i_2 e_1 e_2	Abb. 40
6 b)	Schnellregler (Nebenschluß-regler)	Schnellregler	An der getrennt vom Netz laufenden Versuchsmaschine wurde der Spannungsschnellregler in der Öffnungstellung festgehalten. Nach Erreichen der Remanenzspannung (rd. 18% der Nennspannung) wurde der Regler losgelassen, damit er die Spannung auf den eingestellten Wert zurückregelt.	Spannung Erregerstrom Erregerspannung	U i e	Abb. 41
6 c)	Nebenschluß-regler	N.-R. schnell heraus-gedreht; 100 kV; 32 MVA e_k = 13%; 32 MVA e_k = 13%	Die Versuchsmaschine wurde 1. im Leerlauf, 2. bei Kurzschluß an der Stelle k_1, 3. „ „ „ „ „ k_2 durch schnelles Herausdrehen des Reglers im Erregerkreis der Erregermaschine erregt.	Strom Spannung Erregerstrom Erregerspannung Erregerstrom der Erregermaschine	I U i e i_{er}	Abb. 42 „ 43 „ 44
6 d)	Hauptstrom-regler	SH-R. herausgedreht; 100 kV; 32 MVA e_k = 13%; 32 MVA e_k = 13%	Die Versuchsmaschine wurde 1. im Leerlauf, 2. bei Kurzschluß an der Stelle k_2 durch schnelles Herausregeln des Hauptstromreglers erregt. Der Nebenschlußregler war hierbei so eingestellt, daß die Spannung an der Erregermaschine 195 V betrug. Es war nicht möglich, den Hauptstromregler bei seiner Größe mit einemmal vollkommen herauszudrehen. Mit dem ersten Griff wurde der größere Teil herausgedreht und nach Nachgreifen der Rest. Zum Vergleich, wie sich die Verhältnisse bei schnellstem Herausdrehen gestalten, wurde bei einigen Versuchen der Hauptstromregler durch den Schalter S kurzgeschlossen.	Strom Spannung Erregerstrom Erregerspannung Erregerstrom der Erregermaschine Spannung der Erregermaschine	I U i e i_{er} e_{er}	Abb. 45 „ 46

Abb. 38. Wechselkomponente der Leistung der Maschine Hl. 4 bei Einstoßen des Schnellschlußventiles.

Abb. 39. Verlauf der Leistung der Maschine Bö. 4 bei Einstoßen des Schnellschlußventiles.

Abb. 40. Spannungsregelung durch Schnellregler bei Abschaltungen.

Abb. 41. Spannungsregelung durch Schnellregler.

—— Erregerspannung, bei 6600 V im Leerlauf = 55 V ≙ 1
— — Erregerstrom, bei 6600 V im Leerlauf = 172 A ≙ 1
— · — Erregerstrom der Erregermaschine, bei 55 V ohne Reglerwiderstand = 1,71 A ≙ 1
— · · — Spannung des Generators, Nennspannung = 6600 V ≙ 1
— ı — Spannung, die im stationären Zustand dem betreffenden Wert des Erregerstromes entspricht

Abb. 42. Erregung im Leerlauf durch Herausdrehen des Nebenschlußreglers.

—— Erregerspannung, bei 6600 V im Leerlauf . . = 50 V ≙ 1
— — Erregerstrom, bei 6600 V im Leerlauf. . . = 172 A ≙ 1
— · — Erregerstrom der Erregermaschine, bei 50 V ohne Reglerwiderstand . . . . = 1,5 A ≙ 1
Spannung des Generators, Nennspannung . . . 6600 V ≙ 1
— · · — Kurzschlußstrom, bei einer Erregerspannung von 50 V . . . . 1130 A ≙ 1

Abb. 43. Erregung bei Kurzschluß durch Herausdrehen des Nebenschlußreglers.

—— Erregerspannung, bei 6600 V im Leerlauf . = 50 V ≙ 1
— — Erregerstrom, bei 6600 V im Leerlauf . . = 172 A ≙ 1
— · — Erregerstrom der Erregermaschine, bei 50 V ohne Reglerwiderstand . . . . = 1,5 A ≙ 1
— ı — Spannung des Generators, Nennspannung . = 6600 V ≙ 1
— · · — Kurzschlußstrom, bei einer Erregerspannung von 50 V und Vorschaltung der zwei Umspanner . . . . 1060 A ≙ 1

Abb. 44. Erregung bei Kurzschluß hinter zwei Umspannern durch Herausdrehen des Nebenschlußreglers.

A Versuch Nr.	B Versuchsart	C Schaltung	D Ausführung	E Messungen: Größe	E Messungen: Meßstelle	F aufgenommene Kurven
6 e)	Erregungsversuche durch Fremdspannung an der Erregermaschine		Die Versuchsmaschine wurde 1. im Leerlauf durch Zuschalten einer Fremdspannung von 440 V auf die Erregung der Erregermaschine bei herausgedrehtem Nebenschlußregler erregt. (Stoßerregung.) Es wurde hierbei zunächst im Erregerkreis der Erregermaschine ein besonderer Widerstand vorgeschaltet. Der Versuch wurde dreimal durchgeführt, wobei der Vorschaltwiderstand immer kleiner gewählt wurde. Widerstandsstufen 1410, 140 und 90 Ω, Widerstand der Erregerwicklung 33 Ω (warm). Die Versuchsmaschine wurde 2. bei Kurzschluß an der Stelle k_1, 3. „ „ „ „ „ k_2 durch Zuschalten einer Fremdspannung von 440 V auf die Erregung der Erregermaschine bei voll eingeschaltetem Widerstand des Nebenschlußreglers erregt. Hier wurde kein besonderer Widerstand vorgeschaltet. Nach Schließen des Schalters S wurde der Nebenschlußregler schnell herausgedreht.	Strom Spannung Erregerstrom Erregerspannung Erregerstrom der Erregermaschine Spannung der Erregermaschine	I U i e i_{er} e_{er}	Abb. 47 u. 48 Abb. 49 (2. Versuch)
7	Einfluß von Be- u. Entlastungsstößen auf die Stabilität im Parallelbetrieb		Zwei ungleich belastete Versuchsmaschinen wurden durch Betätigung des Kuppelschalters K gleichzeitig vom Netz getrennt, wobei sie selbst aber über eine besondere Sammelschiene verbunden blieben. — Die Belastung vor der Abtrennung betrug (siehe Tabelle 1) Bei einem weiteren Versuch wurden drei ungleich belastete Maschinen durch Betätigung des Kuppelschalters K gleichzeitig vom Netz getrennt. Die Versuchsmaschinen blieben auch hierbei nach der Abtrennung vom Netz noch verbunden. Die Belastung der Maschinen betrug vor der Abtrennung (siehe Tabelle 2) Die Maschinen wurden hierbei nach der Abtrennung besonders hinsichtlich des Parallellaufes beobachtet.	Strom Spannung Leistung Polradverdrehung zw. A u. B u. zw. A und Netz Regler- und Ventilstellung	I_A I_B U_A U_B U_s L_A L_B P_1 P_2 m_A m_B	Abb. 50 (1. Versuch) Abb. 51 (2. Versuch)

Zwei ungleich belastete Versuchsmaschinen — Belastung vor der Abtrennung:

Stelle	Maschine Nr.	Leistung MW	cos φ	Strom Amp	Spannung kV	relativer Erregerstrom
A	Hi 2	20	1,0	2000	5,75	1,55 (Abb. 50)
B	Hi 3	0	—	0	5,75	0,73
A	Hi 2	20	1,0	2020	5,7	1,55 Masch. außer Tritt
B	Hi 3	0	—	100	5,6	0,56 gefallen (Abb. 51)
A	Hi 3	0	—	0	5,7	0,8
B	Hi 4	24	1,0	2880	4,8	1,75
A	Hi 3	20	0,98	2070	5,7	1,32
B	Hi 4	0	—	0	5,5	0,85
A	Hi 3	20	0,98	2000	5,75	1,32 beide Maschinen m.
B	Hi 4	0	—	0	5,5	0,85 Schnellregler

Drei ungleich belastete Maschinen — Belastung vor der Abtrennung:

Stelle	Maschine Nr.	Leistung MW	cos φ	Strom Amp	Spannung kV	relativer Erregerstrom
A	Hi 1	15	1,0	1480	5,9	1,28
B	Hi 3	0	—	0	5,8	0,83
C	Hi 5	5	1,0	500	5,7	0,945

Relative Werte:

——— Spannung der Erregermaschine 51,6 V ≙ 1
— — — Erregerspannung des Generators, bei 6600 V im Leerlauf = 51,6 V ≙ 1
—·— Erregerstrom, bei 6600 V im Leerlauf = 172 A ≙ 1
—ı— Spannung des Generators, Nennspannung = 6600 V ≙ 1
—×— Spannung, die im stationären Zustand dem betreffenden Wert des Erregerstromes entspricht

Rotorwiderstand 0,30 Ω (kalt)

Abb. 45. Erregung im Leerlauf durch Herausdrehen des Hauptstromreglers.

Abb. 46.

Zeichenerklärung zu Abb. 46.

Relative Werte:

——— Spannung der Erregermaschine 51,6 V ≙ 1
— — — Erregerspannung des Generators, bei 6600 V im Leerlauf = 51,6 V ≙ 1
—·— Erregerstrom, bei 6600 V im Leerlauf = 172 A ≙ 1
—ı— Spannung des Generators, Nennspannung = 6600 V ≙ 1
—··— Kurzschlußstrom, bei einer Erregerspannung von 51,6 V und Vorschaltung der zwei Umspanner = 1060 A ≙ 1

Rotorwiderstand 0,30 Ω (kalt).

Abb. 46. Erregung bei Kurzschluß hinter zwei Umspannern durch Herausdrehen des Hauptstromreglers.

Abb. 48. Erregung im Leerlauf durch Zuschalten von Fremdspannung. Vorwiderstand 90 Ω.

Zeichenerklärung zu Abb. 48.

Relative Werte:

——— Erregerspannung der Erregermaschine (Fremdspannung) 53,7 V ≙ 1
— — — Erregerstrom der Erregermaschine, bei 53,7 V ohne Reglerwiderstand = 1,69 A ≙ 1
—·— Erregerspannung des Generators, bei 6600 V im Leerlauf = 53,7 V ≙ 1
—··— Erregerstrom des Generators, bei 6600 V im Leerlauf = 172 V ≙ 1
—ı— Spannung des Generators, Nennspannung = 6600 V ≙ 1
—×— Spannung, die im stationären Zustand dem betreffenden Wert des Erregerstromes entspricht

Relative Werte:

——— Erregerspannung der Erregermaschine (Fremdspannung) . . . . . 53,7 V ≙ 1
— — — Erregerstrom der Erregermaschine, bei 53,7 V ohne Reglerwiderstand . . . . . = 1,69 A ≙ 1
—·— Erregerspannung des Generators, bei 6600 V im Leerlauf . . . . . = 53,7 V ≙ 1
—··— Erregerstrom des Generators, bei 6600 V im Leerlauf . . . . . = 172 A ≙ 1
—ı— Spannung des Generators, Nennspannung . . = 6600 V ≙ 1
—×— Spannung, die im stationären Zustand dem betreffenden Wert des Erregerstromes entspricht

Abb. 47. Erregung im Leerlauf durch Zuschalten von Fremdspannung. Vorwiderstand 140 Ω.

Abb. 52. Pendeln zweier Generatoren mit ungleich arbeitenden Drehzahlreglern nach einem Belastungsstoß.

Abb. 50. Verlauf der Leistung bei Entlastung zweier ungleich belasteter Maschinen.

Zeichenerklärung zu Abb. 49.

Relative Werte:

——— Erregerspannung der Erregermaschine (Fremdspannung) 55 V ≙ 1
— — — Erregerstrom der Erregermaschine, bei 55 V ohne Reglerwiderstand = 1,72 A ≙ 1
—·— Erregerspannung des Generators, bei 6600 V im Leerlauf = 55 V ≙ 1
—··— Erregerstrom des Generators, bei 6600 V im Leerlauf = 172 A ≙ 1
—ı— Kurzschlußstrom bei einer Erregerspannung von 55 V = 1130 A ≙ 1

Abb. 49. Erregung mit Fremdspannung bei Kurzschluß durch Herausdrehen des Nebenschlußreglers.

Nr.	Gegenstand	Versuch	Gemessen	Zeichen	Abb.
8	Einfluß der Arbeitsweise des Leistungsreglers auf die Stabilität der Maschinen	Zwei ungleich belastete Maschinen, die über eine große Reaktanz (zwei Umspanner 100/6 kV in Reihe) verbunden sind, wurden durch Abschalten einer dritten Maschine (M) plötzlich belastet und hierbei hinsichtlich ihres Parallellaufes beobachtet. Belastung vor der Abschaltung der Maschine M:	Strom Spannung Leistung Polradverdrehg. A—B Polradverdrehg. A—S Regler- u. Ventilstellg.	I_A I_B U_A U_B U_s L_A L_B P_1 P_2 m_A m_B	Abb. 52 (2. Mess.) (S. 1274)

Stelle	1. Messung: Maschine Nr.	Leistung MW	Strom Amp	Spannung kV	relativer Erregerstrom	2. Messung: Maschine Nr.	Leistung MW	Strom Amp	Spannung kV	relativer Erregerstrom	3. Messung: Maschine Nr.	Leistung MW	Strom Amp	Spannung kV	relativer Erregerstrom
M	4	14	1400	5,7	1,42	4	20	2200	5,4	1,51	4	20	2100	5,5	1,51
A	2[1]	0	0	5,8	0,97	1	—1	1000	5,6	0,97	2	0	150	5,5	0,9
B	1	6	600	5,9	1,06	2	6[2]	580	5,7	0,94	1	8,3[2]	900	5,9	1,14
							7,5	1000	6,3	1,26		3,5	700	6,1	1,28

[1] Maschine 2 war für diesen Versuch mit unempfindlichen Federn ausgerüstet worden. [2] Es wurden hier je 2 Versuche durchgeführt. Die übrigen Werte waren bei beiden Versuchen gleich.

Nr.	Gegenstand	Versuch	Gemessen	Zeichen	Abb.
9	Nachprüfung des Einflusses von Kurzschlüssen				
a)	von 3pol. Kurzschlüssen	Zwei parallelarbeitende, ungleich belastete Maschinen wurden durch den Kuppelschalter K gemeinsam vom Netz getrennt. Gleich danach (1 sec) wurde durch den Schalter S_u der Kurzschluß zugeschaltet. Nach 4 sec wurde der Kurzschluß wieder abgeschaltet und die Maschinen sich selbst überlassen. Um den Einfluß der Spannungsschnellregler hierbei zu untersuchen, wurden beim Versuch 1 Maschine 2 mit, Maschine 3 ohne, „ Versuch 2 beide Maschinen ohne „ Versuch 3 beide Maschinen ohne Schnellregler betrieben. Belastung vor Abschaltung vom Netz	Strom Spannung Leistung Polradverdrehung A—B Regler- u. Ventilstellung	I_A I_B I_s U_A U_B U_s L_A L_B L_s P m_A m_B	Abb. 53

Mess. Nr.	A Maschine 2: Leistung kW	Strom Amp.	Spannung Volt	relativer Erregerstrom	B Maschine 3: Leistung kW	Strom Amp.	Spannung Volt	relativer Erregerstrom
1	18000	1850	5800	1,47	1000	200	5700	0,66
2	15000	1580	5650	1,07	1000	100	5700	0,66
3	0	0	5750	0,86	18000	1800	5700	1,26

Nr.	Gegenstand	Versuch	Gemessen	Zeichen	Abb.
b)	von 2pol. Kurzschlüssen (u. 3pol. Kurzschl.)	Die parallelarbeitenden Maschinen wurden ungleich belastet. Es wurde dann durch den Kuppelschalter K der Kurzschluß zugeschaltet und nach rd. 3 sec wieder abgeschaltet. Die Maschinen wurden dann sich selbst überlassen und hinsichtlich ihres Parallellaufes beobachtet. Bei gleicher Schaltung wurde vergleichsweise auch nochmals ein Versuch mit 3poligem Kurzschluß durchgeführt.	Strom Spannung Leistung Polradverdrehung S—Masch. 6 Regler- u. Ventilstellung Rechts- und linksläufige Leistung der Masch. 6 in Böhlen	I_{A_1} I_{A_2} I_{A_3} U L P $m_{1\ 3}$ L Es sind I_{A_1} I_{A_2} u. I_{A_3} die Ströme der 3 100 kV-Abzweige in Böhlen	Abb. 54

Kurzschlußart			2pol. S T	2pol. S T	3pol. R S T	2pol. S T
Versuchsmaschine Böhlen Masch. 6.						
Spannung 6 kV	vor	Volt	5800	4500	4800	5200
	währd.	„	—	—	—	2000
Strom 6 kV-seitig	vor	Amp.	600	1200	1400	800
	währd.	„	4500	2800	2800	4500
Leistung	vor	MW	4,5	3,2	4	3
	währd.	„	5	3	7	4
cos φ	vor		kap.	kap.	kap.	kap.
Erregerstrom	vor	Amp.	0,542	0,22	0,22	0,395
	währd.	„	0,542	0,22	0,22	0,395
Versuchsmaschine Hirschfelde Masch. 3.						
Spannung 6 kV	vor	Volt	5,9	5,7	5,7	5,8
	währd.	„	4000	2000	rd. 0	2500
Strom 6 kV-seitig	vor	Amp.	—	—	—	—
	währd.	„	1500	3000—1500	3500—1800	2000—1600
Leistung	vor	MW	rd. 1	rd. 1	rd. 1	rd. 1
	währd. des Kurzschl.	„	9	10	15	8

A	B	C	D	E		F
Versuch Nr.	Versuchsart	Schaltung	Ausführung	Messungen		aufgenommene Kurven
				Größe	Meßstelle	
10 a)	Fangversuch mit 2 Maschinen	100 kV Besondere Sammelschiene vom Netzbetrieb getrennt	Zwei Maschinen wurden unerregt zusammengeschaltet und dann erregt. a) Die Maschinen waren auf ungleiche Drehzahl eingestellt Maschine A 102 %, B 93,3 % Dem Regelnden in der Warte waren diese Unterschiede nicht bekannt. Er konnte sie bald an den Ausschlägen der Leistungszeiger erkennen. Bei der langsamer laufenden Maschine verweilte der hin und her pendelnde Zeiger des Leistungsmessers länger auf der Seite der Leistungsaufnahme, bei der schneller laufenden Maschine länger auf der Seite der Leistungsabgabe. Hiernach beeinflußte der Regelnde die Drehzahl, um das Fangen zu begünstigen. Nach 70 Sekunden hatten sich die Maschinen gefangen und waren auch so ausgeregelt, daß kein Ausgleichstrom floß. b) Die Maschinen waren auf gleiche Drehzahlen eingestellt. Das Fangen erfolgte hier in 20 Sekunden.	Strom Spannung Leistung Polradverdrehung Drehzahl Erregerstrom	I_A I_B U_A U_B L_A L_B P n_A n_B i_A i_B	
b)	mit 3 Maschinen	100 kV Besondere Sammelschiene vom Netzbetrieb getrennt	Drei Maschinen wurden unerregt zusammengeschaltet und dann erregt. a) Die Maschinen waren auf ungleiche Drehzahl eingestellt Maschine A 96,7 %, B 100 %, C 104 % Das Regeln erfolgte nur durch eine Person. Die Regelwiderstände zur Einstellung der Spannung wurden der Reihe nach gleich in die Stellungen gedreht, die der Leerlaufstellung entsprechen. Auch hier war dem Regelnden der Unterschied in der Drehzahl nicht bekannt. Nach den Ausschlägen der Leistungszeiger nahm er die Beeinflussung vor. Das Fangen und Ausregeln des Ausgleichstromes erfolgte in 40 Sekunden. b) Die Maschinen waren auf gleiche Drehzahl eingestellt. Das Fangen erfolgte hier wieder in 20 Sekunden.	Strom Spannung Leistung Polradverdrehung Drehzahl An den eingeklammerten Meßstellen wurde nicht oszillographisch gemessen.	I_A I_B I_C (U_A) (U_B) (U_C) L_A L_B L_C P n_A n_B (n_C)	Abb. 55

Abb. 51. Verlauf der Leistung bei Entlastung zweier ungleich belasteter und ungleich erregter Maschinen.

Abb. 55. Schlupfverlauf zwischen den Maschinen beim Fangen.

oben: eine Maschine mit Schnellregler (Mess. 1)
Mitte: beide Maschinen ohne Schnellregler (Mess. 2)
unten: „ „ „ „ (Mess. 3)

Abb. 53. Verlauf der Leistung bei 3poligen Kurzschlüssen.

oben: 2poliger Kurzschluß (1. Messung)
Mitte: 2 „ „ (2. „)
unten: 3 „ „ (3. „)

Abb. 54. Verlauf der rechts- und linkslaufenden Wirkleistung bei 2- und 3poligen Kurzschlüssen.

(Die Berichtsreihe wird durch einen Aufsatz von K. Kühn u. R. Mayer fortgesetzt werden.)

Eine selbsttätige Prüf- und Sortiermaschine für Verstärkerröhren.

(Mitteilung aus der Röhrenfabrik der Osram G. m. b. H.)

Von **W. Traub** und **F. Menzler**, Berlin.

Übersicht. Es wird eine vollselbsttätige Maschine beschrieben, mit der sämtliche Röhrentypen, insbesondere auch Schirmgitterröhren, geprüft und nach Fehlern geordnet werden können, wobei eine Leistung von 1800 Röhren/h erreicht wird. Es wird ferner gezeigt, wie die Schwierigkeiten bei der Beschaffung geeigneter Relais behoben wurden, wie die Einstellung dieser Relais und wie die Konstanthaltung der Spannung in den Meßstellungen erfolgt.

Ein wichtiger Vorgang bei der Herstellung von Verstärkerröhren ist das Prüfen der fertigen Röhren. Es soll nicht nur die Gewähr für die Lieferung einer einwandfreien Röhre an den Abnehmer geben, sondern auch Fehler, die sich in die Fabrikation etwa eingeschlichen haben, sofort aufdecken. Eine genaue Prüfung einer Röhre erfordert mehrere Messungen. So müssen z. B. bei jeder der von der Röhrenfabrik der Osram-Gesellschaft hergestellten Telefunkenröhren der Durchgriff, die Anodenströme bei bestimmten Gitterspannungen und der Heizstrom innerhalb bestimmter vorgegebener, recht eng gezogener Grenzen liegen. Außerdem dürfen die Steilheit und die Isolationswiderstände zwischen sämtlichen Elektroden vorgegebene Grenzen nicht unterschreiten, und es dürfen die bei Hochvakuumröhren immer noch vorhandenen geringen Gasreste einen bestimmten Druck nicht übersteigen. Die vorgegebenen Grenzen ändern sich im allgemeinen mit den verschiedenen Typen. Da man anstatt der Isolationswiderstände die bei einer gegebenen Spannung zwischen den Elektroden fließenden Isolationsströme mißt und die Messung des Gasdruckes durch die Messung des in der Röhre fließenden Ionenstromes (siehe später) erfolgt, handelt es sich also, abgesehen von der Steilheits- und Durchgriffsmessung, bei allen Messungen um das Ablesen eines Stromwertes. Was die Steilheits- und Durchgriffsmessung betrifft, so sind zwar im Osram-Röhrenprüffeld Methoden und Vorrichtungen durchgebildet worden, die es gestatten, die Steilheit und den Durchgriff einer Röhre unmittelbar an einem Zeigerinstrument abzulesen; es hat sich aber herausgestellt, daß es, um bei einer Röhre die Gewähr für richtigen Durchgriff und hinreichende Steilheit zu haben, nicht notwendig ist, diese selbst zu messen. Es genügt festzustellen, ob der Anodenstrom bei einer bestimmten Gitterspannung innerhalb zweier empirisch festgesetzter Grenzen liegt.

Abb. 1. Gesamtansicht der Prüfmaschine.

Die Röhrenprüfung fand ursprünglich in der Weise statt, daß eine Arbeiterin die zu prüfende Röhre in die Fassung des Meßtisches steckte und dann die Messungen der Reihe nach vornahm, indem sie die entsprechenden Stromwerte an angeschlossenen Instrumenten ablas. Die für die Messungen notwendigen Spannungen wurden durch Vielfachschalter an die Röhre gelegt. Da es genügt festzustellen, ob die Ströme gegebene Grenzwerte über- bzw. unterschreiten, vereinfacht sich zwar das Prüfen; es hat jedoch trotzdem noch manche Nachteile: man gebraucht, da eine Messerin verhältnismäßig wenig Röhren prüfen kann, viele Arbeitskräfte und viele Einzelmeßtische. Das Prüfen wird teuer und auch unübersichtlich. Hinzu kommt aber vor allem, daß man mit Ermüdungserscheinungen bei den mit der Messung betrauten Personen rechnen muß und dadurch die Gefahr besteht, daß fehlerhafte Röhren unbeanstandet durchgehen.

Alle diese Tatsachen führten zu Versuchen, die Prüfmethoden zu verbessern. Da, wie ausgeführt, für die Stromwerte lediglich bestimmte obere bzw. untere Grenzen vorgeschrieben sind, lassen sich Relais an Stelle von anzeigenden Instrumenten verwenden. Ferner wird anstatt eines feststehenden Tisches, an welchem an einer einzigen Röhre nacheinander alle Messungen durchgeführt werden, eine rotierende Vorrichtung verwendet, die auf ihrem Umfange mit Röhren besetzt wird und bei welcher die mitumlaufenden Röhren nacheinander schrittweise durch verschiedene Meßstellungen gehen. An jeder Meßstellung befindet sich ein Relais, das bei fehlerhaften Röhren anspricht und ein Zeichen gibt, z. B. ein Glühlämpchen zum Leuchten bringt. Eine nach diesem Prinzip gebaute halbselbsttätige Meßeinrichtung, bei der die fehlerhaften Röhren noch von der Arbeiterin herausgenommen werden, ist seit Jahren im Gebrauch. Sie bildete die Vorstufe zu der hier zu beschreibenden vollselbsttätigen Maschine, mit der sämtliche Röhrentypen, insbesondere auch Schirmgitterröhren, geprüft und nach Fehlern geordnet werden können. Bei ihrer Durchbildung waren mehrere Aufgaben zu lösen, die wohl allgemeineres Interesse beanspruchen können.

Abb. 2. Teilansicht der Maschine mit bloßgelegten Schleifringen und Kontaktfedern.

Die Maschine ist in Abb. 1 dargestellt. Um eine vertikale Achse (*1*) dreht sich schrittweise der Radkranz (*2*) über einem eisernen Unterbau (*3*). Auf dem Umfang des Radkranzes sind 36 Fassungen (*4*) angebracht, in welche die zu messenden Röhren gesteckt werden. Jede Fassung hat fünf Buchsen. Die Buchsen der Fassungen sind (vgl. Abb. 2) mit Kontaktfedern (*5*), die auf fest über dem Unterbau angebrachten Schleifringen (*6*) gleiten, leitend verbunden. Die Schleifringe sind mehrfach unterteilt, damit verschiedene Spannungen in den verschiedenen Stellungen an die Röhren gelegt werden können. Ein sechster Schleifring wird beim Messen von Schirmgitter- oder indirekt geheizten Doppelgitterröhren gebraucht. Über ihn und einen mit einer Feder belasteten Kontaktarm wird z. B. den Anoden von Schirmgitter-Hochfrequenzröhren die Spannung zugeführt. Die ersten Stellungen dienen in der Hauptsache dazu, die Röhren möglichst dem praktischen Gebrauch entsprechend mit Strömen zu belasten, damit sie in stationärem, betriebsmäßigem Zustand zu den eigentlichen Meßstellungen gelangen. Die Messungen erfolgen in 9 von den letzten 10 Stellungen. In den Meßstellungen werden die in

irgendeiner Beziehung nicht ganz vollwertigen Röhren nach Fehlern geordnet ausgeschieden. Die einwandfreien Röhren, die also alle 9 Meßstellungen durchlaufen haben, werden in der allerletzten Stellung abgeworfen.

Das mechanische Abwerfen der Röhren geschieht in folgender Weise: Durch Anheben einer Sperrklinke bewegt sich ein mit einer Feder belasteter Hebel nach vorn und schiebt bei seiner Vorwärtsbewegung die Röhre aus der Fassung. Das Anheben der Sperrklinke erfolgt mittels eines Elektromagneten, dessen Stromkreis beim Ansprechen eines Meßrelais geschlossen wird.

Schwierigkeiten machte auch die Beschaffung geeigneter Relais. Die Isolations- und die für die Güte des Vakuums maßgebenden Ionenströme sind von der Größenordnung von 10^{-7} A. Um ein Relais zu betätigen, müssen sie verstärkt werden. Dies geschieht in bekannter Weise. Trotzdem sei als Beispiel in Abb. 3 die Schaltung für die Verstärkung des Ionenstromes angegeben. *M* sei die Röhre, deren Vakuum gemessen werden soll. Der Ionenstrom wird über den Hochohmwiderstand (*7*) von ungefähr $10^6\,\Omega$ geleitet, dessen eines Ende mit dem Gitter einer Verstärkerröhre *V* — verwendet wird die RE 134 — verbunden ist. Die Kathoden der Röhren *M* und *V* liegen an dem positiven Pol der Batterie (*8*). Die Gitterspannung und damit der Anodenstrom der Röhre *V* sind von dem an dem Hochohmwiderstand erzeugten Spannungsabfall abhängig: übersteigt der Ionenstrom der Röhre *M* einen bestimmten Wert, was ein Zeichen von zu schlechtem Vakuum ist, so verändert sich die Gitterspannung und vergrößert sich damit der Anodenstrom der Röhre *V* derart, daß das im Anodenstromkreis liegende Relais (*9*) anspricht. Bei den Isolations- und Ionenströmen kommt es nicht auf große relative Genauigkeit an. Es genügen deshalb einfache Relais, wie z. B. die auf dem elektromagnetischen Prinzip beruhenden Telephonrelais, die immerhin noch eine Genauigkeit von etwa 15 % haben.

Abb. 3. Schaltbild für die Vakuummessung.

Die Anodenströme betragen im allgemeinen nicht weniger als 3 mA und können deshalb unmittelbar ein Relais betätigen. Die Ansprechgenauigkeit dieser Relais muß etwa ebenso groß sein wie die Ablesegenauigkeit eines gewöhnlichen Meßinstrumentes. Normale Drehspulinstrumente, die mit Kontakten versehen waren, haben sich nicht bewährt. Brauchbar waren die von der Firma Weston hergestellten Stromrelais, Modell 30. Jedoch läßt sich auch bei ihnen der bei allen Kontaktrelais vorhandene Nachteil nicht ganz vermeiden: bei häufigem Auftreten von Grenzwerten, wobei der bewegliche Kontaktarm den Anschlag eben berührt, verschmoren die Kontakte im Laufe der Zeit etwas und müssen deshalb öfters nachgesehen werden. Versuche mit einem besonders ausgebildeten Fallbügelinstrument haben gezeigt, daß das Fallbügelprinzip an sich gut ist; es macht jedoch offenbar noch Schwierigkeiten, entweder das Instrument bzw. dessen Einzelteile so kräftig auszubilden, daß es den häufigen ruckweisen Bewegungen des Fallbügels (etwa 1800/h) standhält, oder aber die Bewegungen des Fallbügels so zu verzögern, daß keine schädlichen Stöße auftreten. Ein neues Relais wurde von Siemens & Halske entwickelt. Es ist mit einem Hitzdrahtbolometer in Brückenschaltung ausgerüstet. Die verschiebbaren Bolometerspiralen sind über einer Düse angeordnet und werden nach dem Schalldüsenprinzip von einem Luftstrom ständig gekühlt. Der Meßsystemzeiger trägt eine Fahne, welche bei den Grenzstellungen den einen oder anderen Luftstrom knapp über der Düse abschneidet. Die hierdurch erreichte Widerstandsänderung bewirkt einen Stromfluß, der zur Betätigung eines Zwischenrelais dient. Das Relais hat sich bis jetzt recht gut bewährt. Versuche mit einem Relais, bei dem die Wirkung eines Lichtstrahles auf eine Photozelle benutzt wird, sind im Gange.

Für ein einwandfreies Arbeiten der Maschine ist es notwendig, daß die Spannungen, die den Röhren in den Meßstellungen zugeführt werden, konstant bleiben. Die Heizströme liefert eine Kompoundmaschine. Bei der geringen Heizspannung der Verstärkerröhren von durchschnittlich etwa 4 V spielt der Spannungsabfall der Kohlebürsten des Kommutators, der nicht konstant ist, schon eine merkliche Rolle. Um diese Spannungschwankungen auszugleichen, wird der Erregerstrom durch Kraftverstärkerröhren geleitet und in der Weise geregelt, daß bei sinkender Maschinenspannung sich die Gitterspannung der Kraftverstärkerröhren erhöht. Die Anoden- und Schirmgitterspannungen werden gleichfalls von Kompoundmaschinen erzeugt, die Gitterspannungen von Akkumulatoren abgenommen.

Die Spannungen dürfen nicht alle gleichzeitig angelegt werden (beispielsweise kann die für den Elektromagneten des Auswerfers notwendige Spannung erst dann zugeführt werden, wenn die Meßrelais ihren stationären Zustand erreicht haben). Das Anlegen in der richtigen Reihenfolge besorgt eine Schaltwalze.

Das Einstellen der Relais auf bestimmte vorgegebene Werte, das fast immer dann von neuem erforderlich ist, wenn eine andere Type zum Prüfen gelangt, geschieht in einfachster Weise. Bei den neuesten Relais für die Anodenströme brauchen einfach nur die an dem Relais vorhandenen Zeiger auf die gewünschten Werte der Skala eingestellt werden. Sonst werden in den verschiedenen Meßstellungen anstatt der Röhren entsprechend bemessene Widerstände in die Stromkreise gelegt und die zu den Relais parallel liegenden Regelwiderstände so lange verändert, bis die Relais eben ansprechen. Im übrigen sind die zulässigen Isolations- und Ionenströme bei vielen Typen die gleichen, so daß ein Verstellen der Relais für diese Ströme selten erforderlich ist.

Mit der Maschine können sämtliche Typen, sowohl direkt und indirekt geheizte gewöhnliche Drei-Elektrodenals auch Doppelgitter- und Schirmgitterröhren geprüft und nach Fehlern sortiert werden. Sie arbeitet noch einwandfrei, wenn die schrittweise erfolgende Drehung im 2 s-Tempo vor sich geht. Es können somit in der Stunde 1800, in einer Arbeitschicht also über 14 000 Röhren geprüft und sortiert werden. Die Maschine ist seit etwa einem Jahr in Gebrauch. Sie lief bisher ohne jegliche Störung und hat sich in jeder Beziehung bewährt.

Ergebnisse der Statistik der Elektrizitätswerke in der Tschechoslowakei vom Jahr 1913 und 1919 bis 1928.

Von **G. W. Meyer**, Bodenbach.

Das statistische Staatsamt der Tschechoslowakischen Republik hat in Nr. 151/152 seiner Mitteilungen, Jahrg. 1930, die Ergebnisse seiner Erhebungen über die Entwicklung der tschechoslowakischen Elektrizitätswirtschaft veröffentlicht. Diese Untersuchungen erstrecken sich auf die Jahre 1913 und 1919 bis 1928 und berücksichtigen zum erstenmal auch die kleinen Anlagen, welche Elektrizität nur für den Eigenbedarf erzeugen. Für das Jahr 1928 ergibt sich folgendes:

Die Gesamtzahl der Elektrizitätswerke von je über 100 kVA betrug 7940 mit einer gesamten installierten Leistung von 1,699 Mill kVA und einer Summe der Höchstbelastungen von 864 000 kW. Die entsprechende Jahresarbeit erreichte 2,749 Mrd kWh gegenüber nur rd. 0,964 Mrd kWh in 1913. Die Erzeugung war also 1928 gegenüber 1913 um rd. das 2,9fache gestiegen. Auf den Einwohner entfielen im ganzen Staat 190, in Böhmen 227, in Mähren und Schlesien 267, in der Slowakei 64 und in Karpathorußland 10 kWh. Die erhebliche Verschiedenheit des Jahreskopfverbrauchs in den einzelnen Ländern ist im wesentlichen auf den großen Gegensatz im Grade der Industrialisierung zwischen West und Ost zurückzuführen.

Über die im Jahr 1928 in Betrieb befindlichen öffentlichen und Werkselektrizitätswerke gibt die Zahlentafel 1 Auskunft. Aus ihr ist zu entnehmen, daß sowohl bezüglich der installierten Maschinenleistung als auch der Jahresarbeit die Werksanlagen den selbständigen überlegen sind. Zahlentafel 2 läßt erkennen, daß trotz der Intensivierung

Zahlentafel 1.

Stromsystem	Art der Elektrizitätswerke	Leistung kVA	Zahl der Betriebe	Zahl der Generatoren	Erzeugung Mill kWh
Gleichstrom . . .	selbständige .	31 283	143	332	27,164
	Werksanlagen .	123 234	6 496	7 656	134,028
	zusammen	154 517	6 639	7 988	161,192
Wechselstrom . . .	selbständige .	478 972	198	422	762,002
	Werksanlagen .	1 065 723	1 507	2 209	1 825,343
	zusammen	1 544 695	1 705	2 631	2 587,345
Zusammen	selbständige .	510 255	[1] 318	754	789,166
	Werksanlagen .	1 188 957	[1] 7 622	9 865	1 959,371
	zusammen	1 699 212	[1] 7 940	10 619	2 748,537

Zahlentafel 2.

Antriebskraft	Zahl der Betriebe	Installierte Leistung kVA	Erzeugung Mill kWh
Wasser	4 636	142 804	252,762
Dampf.	3 328	1 481 150	2 300,127
Öl.	656	33 435	21,592
Gas	444	41 811	174,051
Wind	3	12	0,005
Zusammen	[2] 7 940	1 699 212	2 748,537

Abb. 1. Jahreserzeugung in Mill kWh (*1*), installierte Leistung in 1000 kVA (*2*), Summe der Maxima in 1000 kW (*3*) und durchschnittliche Benutzungsdauer in h (*4*) während der Jahre 1913 und 1919 bis 1928.

1 Elektrizitätsunternehmungen der Hauptstadt Prag — *2* Elektrizitätsverband der mittelböhmischen Bezirke, Gen. m. b. H., Prag — *3* Westböhmische Elektrizitätswerke AG., Pilsen — *4* Elektrizitätsverband der nördlichen Böhmerwaldbezirke reg. Gen. m. b. H., Tachau — *5/6* Nordböhmische Elektrizitätswerke AG., Bodenbach[1] — *7* Überlandelektrizitätswerk reg. Gen. m. b. H., Reichenberg — *8* Iser-Elektrizitätswerke, reg. Gen. m. b. H., Draschitz — *9* Elektrizitätswerke Ostböhmen AG., Königgrätz — *10* Elektrizitätsverband der mittelelbischen Bezirke, Gen. m. b. H., Kolin — *11* Ostböhmischer Elektrizitätsverband Gen. m. b. H., Pardubitz — *12/15* Südböhmische Elektrizitätswerke AG., Budweis — *16/17* Westmährische Elektrizitätswerke AG., Brünn — *18* Mittelmährische Elektrizitätswerke AG., Prerau — *19* Nordmährische Elektrizitätswerke AG., Hohenstadt — *20* Mährisch-schlesische Elektrizitätswerke AG., Mähr.-Ostrau — *21* Vereinigte Elektrizitätswerke der nordwestlichen Slowakei, Sillein — *22* Westslowakische Elektrizitätswerke AG., Preßburg — *23* Südslowakische Elektrizitätswerke AG., Komorn — *24* Mittelslowakische Elektrizitätswerke AG., Neusohl — *25* Ostslowakische Elektrizitätswerke AG., Kaschau — *26* Karpathorussische Elektrizitätswerke AG., Ungvar.

[1] Nicht „gemeinnützig".

Abb. 3. Jahreserzeugung in 1928 nach Stromversorgungsgebieten und Art der Elektrizitätswerke. Schwarz: Erzeugung in selbständigen Elektrizitätswerken, schraffiert: Erzeugung in Werkselektrizitätsanlagen.

des Ausbaus der Wasserkräfte (auf den übrigens die Wasserkraftsteuer einen stark hemmenden Einfluß ausgeübt hat) die Wärmekraftwerke den Hauptanteil an der Gewinnung elektrischer Arbeit besitzen. Bemerkenswert ist hier auch der gegenüber Deutschland fast verschwindende Anteil der Windkraftwerke, der also wohl noch einer stärkeren Entwicklung fähig sein dürfte.

Zahlentafel 3.

Art der Antriebsmaschinen	Selbständige Elektrizitätswerke		Werkselektrizitätsanlagen		Zusammen	
	Zahl der Antriebsmaschinen	Nennleistung der Antriebsmaschinen PS	Zahl der Antriebsmaschinen	Nennleistung der Antriebsmaschinen PS	Zahl der Antriebsmaschinen	Nennleistung der Antriebsmaschinen PS
Wasserräder. . . .	14	132	2 045	13 885	2 059	14 017
Wasserturbinen . .	281	62 810	2 671	136 379	2 952	199 189
Kolbendampfmaschinen . . .	156	39 627	3 813	576 013	3 969	615 640
Dampfturbinen . .	84	437 765	364	861 152	448	1 298 917
Explosionsmotoren, und zwar:						
Leichtöl- . . .	1	30	130	1 253	131	1 283
Schweröl- . . .	158	23 892	488	24 115	646	48 007
Gas-	26	1 832	465	55 783	491	57 615
Windmotoren . . .	—	—	3	24	3	24
zusammen	720	566 088	9 979	1 668 604	10 699	2 234 692

Aus Zahlentafel 3 geht hervor, daß die Zentralisierung der Stromerzeugung bei den Wärmekraftwerken mit Dampfturbinen am weitesten vorgeschritten ist.

Abb. 2. Indizes (1913 = 100) der Jahreserzeugung (*1*), der installierten Leistung (*2*), der Summe der Maxima (*3*) und der Benutzungsdauer (*4*) für die Jahre 1919 bis 1928.

Von Interesse ist ferner die Zusammenstellung in Zahlentafel 4, aus welcher der Stand der Elektrisierung verschiedener Industriezweige der Tschechoslowakei im Jahr 1928 ersichtlich ist. An der Spitze der Leistung und Jahreserzeugung stehen hier natürlich die selbständigen Elektrizitätswerke. Sodann folgen mit ihren Eigenanlagen der Bergbau, die Eisen-, Metall- und Textilindustrie. Näheren Aufschluß über die Entwicklung der Belastungsverhältnisse in den letzten Jahren geben die Abb. 1 und 2. Abb. 3 läßt ferner die geographische Verteilung der Stromerzeugung über die verschiedenen Teile der tschechoslowakischen

[1] Betriebe, die Gleichstrom und Wechselstrom erzeugen, wurden in beiden Gruppen zu der Zahl der Betriebe gezählt, in der Summe aber nur einmal.

[2] Betriebe, die die Elektrizität mit Antriebsmaschinen verschiedener Art erzeugen, wurden in jeder der betreffenden Gruppen in die Zahl der Betriebe eingerechnet, in der Summe dagegen nur einmal berücksichtigt.

Zahlentafel 4.

Art der Unternehmungstätigkeit	Erzeugung Mill kWh	Zahl der Betriebe	Zahl der Generatoren	Installierte Leistung kVA	Summe der Maxima kW
Selbständige Elektrizitätswerke	798,166	318	754	510 255	279 310
Steinkohlengruben	420,704	31	81	241 633	89 304
Braunkohlengruben	105,029	51	127	78 716	30 442
Sonstige Bergbauindustrie	19,868	44	79	15 770	6 584
Stein- und Erdenindustrie	135,819	224	337	59 040	28 126
Glasindustrie	22,561	119	169	14 884	6 028
Erzeugung von Eisen, sonstigen Metallen u. Waren aus ihnen	419,530	239	399	171 252	102 984
Erzeugung von Maschinen, Apparaten und ähnlichen Waren	90,972	217	331	89 777	36 572
Chemische Industrie	155,989	120	213	42 957	28 767
Textilindustrie	253,876	1 058	1 626	213 717	114 526
Papierindustrie	144,857	145	263	51 056	31 630
Graphische Industrie	0,709	25	39	1 484	760
Lederindustrie	8,701	114	154	10 114	5 698
Gummi- und Asbestindustrie	1,800	5	11	1 065	890
Holzindustrie	13,082	885	1 012	17 769	9 380
Drechslerindustrie (außer Holz)	0,758	26	31	826	501
Bürstenindustrie	0,237	10	11	299	189
Musikinstrumentenindustrie	0,259	9	10	215	140
Spielwarenindustrie	0,115	6	7	154	110
Mühlen	25,135	3 339	3 511	26 393	14 629
Zuckerfabriken	71,131	159	422	93 947	46 936
Brauereien und Malzfabriken	18,248	167	248	13 802	7 347
Spiritusfabriken	3,734	88	118	3 780	1 850
Sonst. Nahrungs- u. Genußmittel- u. Getränkeind.	21,827	149	194	17 676	7 766
Bekleidungsindustrie	14,158	63	84	12 130	7 488
Baugewerbe	0,073	2	3	61	48
Wasserwerke	3,077	8	9	1 307	592
Gaswerke	0	1	1	35	14
Sonstige Produktionsgewerbe	—	—	—	—	—
Handel, Geld-, Versicherungswesen	0,500	41	45	550	309
Verkehrsunternehmungen	3,908	10	27	4 513	2 989
Landwirtschaftliche Betriebe	1,801	166	189	2 413	1 426
Sonstige Elektrizitätserzeugungsanlagen	0,833	101	114	1 622	952
Zusammen	2 748,537	7 940	10 619	1 699 212	864 287

Republik erkennen. Man ersicht, daß sie parallel mit der Industrialisierung der betreffenden Länder geht.

Zum ersten Male wird in der angeführten Veröffentlichung des statistischen Staatsamtes auch der Anteil der werkseigenen Elektrizitätswerke an der gesamten elektrischen Energieerzeugung gezeigt. Dieser Anteil an der Gesamterzeugung ist bei den großen Industriezentren in Nordböhmen fast ebenso groß wie jener der selbständigen öffentlichen Elektrizitätswerke, während er im mährisch-schlesischen Industriegebiet sogar überwiegt.

Das elektrische Auftauen eingefrorener Wasserleitungen[1].

Im Bull. SEV werden Auftautransformatoren der Firma R. Hunziger, Aachen, beschrieben[2], die, wie aus Abb. 1 hervorgeht, in einen geschweißten Eisenkasten eingebaut sind. Die Unterspannungsklemmen liegen auf der Rückseite des Kastens. Vorn befindet sich ein in der Oberspannung liegendes Amperemeter und mit diesem in Reihe ein Kleinselbstschalter, der sowohl den Transformator bei Überschreitung des höchstzulässigen Stromes abschaltet, der aber auch zum Ein- und Ausschalten benutzt werden kann. Ferner ist auf der Vorderseite die Umschaltvorrichtung zur Änderung der Unterspannung in den Grenzen von 6 ... 8,5 V angebracht. Die Stromzufuhr erfolgt seitlich. Die Daten der kleinen Transformatoren sind aus folgender Zahlentafel zu ersehen.

Type	Leistung	zugeführter Strom bei 220 V	abgegebener Strom	Gewicht
AT 1,5	1,5 kVA dauernd	max. 6,8 A	178 A	38 kg
	2,1 kVA für 1 h	„ 9,5 „	250 „	
AT 3,0	3,0 kVA dauernd	„ 13,6 „	357 „	48 „
	4,2 kVA für 1 h	„ 19,0 „	500 „	

[1] Vgl. ETZ 1930, S. 1659.
[2] R. Hunziger, Bull. SEV Bd. 21, S. 707.

Die Type AT 1,5 kann an jeder Steckdose, die für 10 A gesichert ist, angeschlossen werden, falls der Zähler für mindestens 5 A bemessen ist. Diese Type eignet sich besonders zum Auftauen der Hauswasserleitungen durch Installateure. Die größere Type AT 3,0 kommt hauptsächlich für Wasserwerke in Frage. Da der maximale primäre Strom etwa 20 A beträgt, muß die Zuleitung zum Auftautransformator wohl meist vor dem Zähler angeschlossen werden, eine Arbeit, die nur von einem Angestellten des den Strom liefernden Elektrizitätswerkes ausgeführt werden kann.

Als günstige Spannungen haben sich während der Frostperiode 1928/29 6,1 ... 8,4 V bei einer Stromstärke von 100 ... 200 A ergeben. Durch eine höhere Stromstärke wird die Auftauzeit gekürzt, u. zw. bei einer um etwa 50 % höheren Stromstärke auf die halbe Zeit. Stromstärken unter 100 A sind nicht zu empfehlen, da hierbei die im Rohre entwickelte Wärme zum größten Teile von der Umgebung desselben aufgenommen wird.

Abb. 1. Auftautransformator.

Es ist selbstverständlich, daß die Sekundärkabel während des Auftauens nicht in Ringen liegen dürfen, da diese dann als Drosselspulen wirken und fast keine Spannung für das aufzutauende Rohr übrig bleibt. Nur in einem Falle kann man sich die Drosselspulwirkung zunutze machen, u. zw. dann, wenn die Spannung von 6,1 V zum Auftauen der betreffenden Rohrleitung noch zu hoch sein sollte. Ferner muß für sehr guten Kontakt an den Anschlußstellen der Kabel gesorgt werden. Die Rohrstellen sind blank zu machen und durch eine gut passende, verzinnte Kupferschelle mit den Kabeln zu verbinden. Bei Verwendung von Schlüsselstangen ist es zweckmäßig, den Vierkant mit einem festsitzenden Futter aus Messing zu versehen, das wieder stramm auf die blankgemachten Ventilspindeln passen muß. Für innigen Kontakt ist vor allen Dingen Sorge zu tragen. Mißerfolge können dann eintreten, wenn bei Benutzung des Ventils und der Schlüsselstange alte Ventile mit stark oxydierten Ventilspindeln vorhanden sind oder durch dazwischenliegende Jute und Asphalt gute elektrische Isolationen vorliegen. In diesen Fällen hilft man sich so, daß man an zwei Hauswasserleitungen anschließt und das Hauptrohr als Verbindung zwischen diesen beiden benutzt. Beim Auftauen der eingefrorenen Wasserrohrleitungen beachte man vor allem, daß das eine Kabel auf der Unterspannungseite des Transformators an eine Rohrstelle angeschlossen wird, die noch Wasser führt, das andere an das Ende der aufzutauenden Rohrleitung. Die Länge der aufzutauenden Leitung soll möglichst 25 m nicht überschreiten, da sich sonst die Auftauzeit verlängert. Bei größeren Rohrlängen gehe man in Abschnitten von 20 ... 25 m vor. Ist dies nicht möglich, so sind entsprechend höhere Unterspannungen, u. zw. je 20 m etwa 8,5 V, zu wählen.

Wenn vorstehende Bemerkungen über die Bedienung von Auftautransformatoren beachtet werden, so sind Mißerfolge so gut wie ausgeschlossen.

Über die Vorrichtungen zum Auftauen der Rohrleitungen in Netzen, die ausschließlich Gleichstrom führen, sei nur soviel gesagt, daß in diesen Fällen ein Auftau-Maschinensatz, bestehend aus einem mit einem Gleichstrommotor gekuppelten Wechselstromgenerator, oder ein Benzinmotor mit Wechselstromgenerator erforderlich ist. Der Anschluß eines Auftautransformators an den Wechselstromgenerator läßt sich wohl dann in den seltensten Fällen vermeiden. *Sb.*

RUNDSCHAU.

Elektromaschinenbau.

Temperaturverteilung in Öltransformatoren. — Man beschäftigt sich meistens nur mit der größten Temperaturerhöhung im Öl und der mittleren Temperaturerhöhung der Wicklung eines Transformators. Über die Verteilung der Temperatur im Öl und in der Wicklung ist nur wenig bekannt. Dennoch ist die Kenntnis dieser Verteilung nicht nur von wissenschaftlicher sondern auch von praktischer Bedeutung; nur sie ermöglicht es uns, die größte Temperaturerhöhung in der Wicklung, die im allgemeinen nicht der Messung zugänglich ist, mit ziemlich guter Annäherung aus den normalen Messungen zu berechnen. Eine solche Berechnung wird nur dann aussichtsvoll sein, wenn die Verteilung der Temperatur, wenigstens für Transformatoren, die wesentlich dieselbe Bauart aufweisen, immer dieselbe ist. H. G. Nolen stellte Versuche im Laboratorium der N. V. Willem Smit & Co's Transformatorenfabriek an, u. zw. bei Transformatoren mit natürlicher Ölkühlung, vertikalen Kernen, einfacher Zylinderwicklung, bei denen die beiden Wicklungen von einem Isolationszylinder getrennt waren und die Hochspannungswicklung außen lag. Die Verhältnisse der Abmessungen waren bei den untersuchten Transformatoren von 85, 150, 500, 3000 und 5000 kVA sehr verschieden. Sehr ausgedehnte Messungen wurden beim 150 kVA-Transformator vorgenommen, bei Belastungen zwischen Normallast — 20 % und + 25 % (bei diesen Belastungen änderte sich das Verhältnis der Kupfer- und Eisenverluste von 1,75 bis 4,8) und bei verschiedener Höhe des Öles im Kasten. Die Messung der Öltemperaturen geschah mittels Thermodetektoren, der Wicklungstemperaturen mittels Widerstandsmessung zwischen geeigneten Anzapfungen. Die Ölübertemperaturen sind in Abb. 1 ... 6 (Öl innerhalb der Niederspannungswicklung Abb. 2 und Öl außerhalb der Hochspannungswicklung (Abb. 3) in Abhängigkeit von der Höhe im Kasten aufgetragen. In Abb. 5 ist die Temperaturerhöhung der zweilagigen Niederspannungswicklung (die radial fast keine Temperaturunterschiede aufweist) aufgetragen. Die wichtigsten Teile der Kurven, die der Höhe der Wicklung entsprechen, haben Parabelform (Abb. 4). Eine Berechnung der Temperaturen nach einer Parabelformel gibt Temperaturwerte, die genau mit den gemessenen Werten übereinstimmen. Zwischen Wicklungen und Öl wird auf verschiedenen Höhen kein konstanter Temperaturunterschied (Abb. 6) gefunden, es kann vielmehr das Gesetz aufgestellt werden, daß die Temperaturerhöhungen in den Spulen auf verschiedenen Höhen zu einander im selben Verhältnis stehen wie die Übertemperaturen des Öles auf entsprechender Höhe. Verfasser gibt folgende Zusammenfassung der Ergebnisse:

1. Oberhalb des aktiven Teiles hat das Öl überall praktisch dieselbe Temperatur.
2. Die Verteilung der Temperaturerhöhung im Öl von der Unterseite bis zur Oberseite des aktiven Teiles ist immer dieselbe. Auch die Höheverteilung der Temperaturerhöhung in den Spulen ist konstant.
3. Die Hochspannungswicklung wird von Öl gekühlt, dessen größte Temperaturerhöhung 0,9, dessen mittlere Temperaturerhöhung 0,8 von derjenigen im oberen Teile des Kastens beträgt. Bei der Niederspannungswicklung sind diese Zahlen 1,02 und 0,84, wenigstens wenn ein vollwertiger Ölkanal zwischen dieser Wicklung und dem Kern besteht.
4. Die größte Temperaturerhöhung der inneren Wicklung ist, wenn alle Lagen direkt vom Öl gekühlt werden, um 20 % größer als die mittlere.
5. Die Temperaturerhöhung der wärmsten Hochspannungspule ist um 12,5 % größer als die mittlere Erhöhung der ganzen Hochspannungswicklung.

Für die mehrlagige Hochspannungswicklung wird die Verteilung der Temperatur in der Höhe mit derjenigen in radialer Richtung kombiniert. Für die Berechnung dieser radialen Verteilung wird die Arbeit Otts[1] herangezogen. Es wird so für die heißeste Stelle dieser Wicklung eine Temperaturerhöhung gefunden:

$$\tau_M = 1{,}7\,\tau_w - 0{,}56\,\tau_b.$$

τ_w ist die mittlere Übertemperatur der Wicklung, τ_b ist die Temperaturerhöhung an der Oberfläche der Wicklung auf etwa 45 % der Höhe gemessen. Weil auch τ_b meistens schwer der Messung zugänglich ist, hat Verfasser noch eine andere Formel für τ_M aufgestellt:

$$\tau_M = \frac{9}{8}\,C_2\,(\tau_w - 0{,}8\,t_0) + 0{,}9\,t_0.$$

t_0 ist die Temperaturerhöhung des Öles im oberen Teile des Kastens. Es kommen also in dieser Formel nebst der Konstante C_2 nur direkt meßbare Temperaturen vor. C_2 wird aus der Formel

$$C_2 = \frac{1 + 1{,}5\,k\,d}{1 + k\,d}$$

hergeleitet, in der d die gesamte radiale Isolationsstärke ist und $k = \frac{g_b}{3\,g_s}$ (g_s und g_b sind die Wärmeleitfähigkeiten der Isolationen in der Spule und diejenige der Oberfläche). C_2 ist etwa 1,15 ... 1,25.

Abb. 4.

Abb. 6. Abb. 5. Abb. 2. Abb. 1. Abb. 3.

Aus den Versuchswerten geht noch hervor, daß bei verschiedenen Belastungen die Temperaturerhöhungen im Öl und in der Wicklung fast genau der ¾ Potenz der gesamten Verluste proportional sind. (H. G. Nolen, Electrotechniek 1930, S. 340 u. 351.) *Sb.*

[1] Mitt. über Forsch.-Arb. 1906, H. 35/36.

Meßgeräte und Meßverfahren.

Elektrischer Druckindikator für Explosionsmotoren. — Im Laboratorium der General Motors haben Martin und Caris den beim Bureau of Standards von Mac Cullom und Peters[1] erstmalig verwendeten, dann von Peters weiter entwickelten[2] Kohleplatten-Druckmesser als Indikator durchgebildet. Die besonders hergestellten Platten bilden Zweige einer Wheatstoneschen Brücke, die aus einer Batterie mit 6 ... 18 V Spannung gespeist wird, als Galvanometer ist eine Oszillographenschleife in die Diagonale geschaltet. Der neue Indikator (Abb. 7) wird an Stelle einer Zündkerze eingesetzt und kann u. U. auch gleichzeitig als solche verwendet werden. Gehäuse und Zunge sind aus einem Stück besten Federstahls gearbeitet. Mit einer empfindlichen Oszillographenschleife können noch kleinere Durchbiegungen der Membran als 0,01 mm verfolgt werden. Die Eigenfrequenz liegt zwischen 3500 und 11 000 Hz, die Lebensdauer reicht für 100 h Betrieb aus.

C	Justierschraube	R_1, R_2	Kohleplatten-Widerstände
D	Membran	R_3, R_4	Brückenwiderstände
E	Hochspannungselektrode	R_5	Stromregelung
G	Hochsp.-Anschlußklemme	R_6, R_7	Widerstände z. Temperaturkompensation
H	Luftauslaß	R	Justierwiderstand
I	Isolierstab	S	Funkenstrecke
J	Kühlluftzufuhr	T	Indikatorzunge
P	Rohr aus Invar		

Abb. 7. Druckindikator in Zündkerzenform.

Der Aufsatz beschreibt auch die Eichung, die statisch mit Stickstoff aus einer Druckflasche erfolgt, außerdem wurde sie aber auch dynamisch mittels einer Schwingeinrichtung kontrolliert, um sicher zu sein, daß keine Hystereseerscheinungen auftreten. Die Aufzeichnung erfolgte mit dem Westinghouse-Oszillographen, und es werden zahlreiche Bilder von verschiedenen Versuchen mit Kraftwagenmotoren gebracht, wobei auch die Fehlerquellen durch das Schrumpfen des photographischen Films besprochen werden. Schließlich wird noch der Einfluß von kurzen Rohrleitungen zwischen Zylinder und Membran an Hand von Oszillogrammen gezeigt, aus denen man sehen kann, wie hier fälschende Oberschwingungen auftreten. (E. J. Martin u. D. F. Caris, The Electric Journ. Bd. 27, S. 87 u. 168.) *Kth.*

Beleuchtung.

Einschaltung der Befeuerungseinrichtungen von Hilfslandeplätzen vom Flugzeug aus. — Da für Hilfslandeplätze in der Regel kein besonderes Wartungspersonal vorgesehen ist, gelangte man zu der Ansicht, daß es zweckmäßig ist, die Beleuchtungseinrichtungen vom Flugzeug aus in Betrieb zu setzen. Es sind im Laufe der Zeit drei Methoden entwickelt worden: Inbetriebsetzung durch Lichtwellen durch elektrische Wellen und durch Schallwellen. Die Lichtwellenmethode erwies sich nicht als empfehlenswert, da es für den Piloten besonders bei ungünstigem Wetter schwer ist, mit seinem Scheinwerfer das Lichtrelais zu treffen, abgesehen davon, daß die Anlage bei Tage außer Betrieb gesetzt werden muß. Die Verwendung elektrischer Wellen ist vorteilhafter. Doch werden auch sie nur wenig benutzt, da die Einführung von Schallwellen die Verwendung billigerer und einfacherer Apparate gestattet. Die Reichweiten solcher Systeme haben sich als genügend erwiesen.

[1] Bur. of Stand. Technol. Papers Bd. 17, S. 737.
[2] Proc. Am. Soc. for Testing Materials Bd. 27, Teil 2.

Die z. Z. entwickelten Apparate erfüllen alle Forderungen in bezug auf Einfachheit, Verläßlichkeit, Empfindlichkeit und geringen Energieverbrauch. Zur Hervorbringung der Schallwellen dienen am Flugzeug angebrachte Sirenen. Die Schallwellen werden von einem auf den Ton oder die Tonfolge eingestellten Empfänger aufgenommen und in elektrische Impulse gleicher Frequenz verwandelt. Das in den Mikrophonkreis gelegte Relais schließt den Stromkreis nur, wenn die Frequenz der erzeugten Impulse der Eigenfrequenz entspricht. Der Anodenstrom einer Verstärkeranlage betätigt das Relais und schaltet den Stromkreis ein.

Bei den ersten praktischen Versuchen war das Flugzeug bei Abgabe der ersten Sirenentöne 773 m hoch, der Abstand vom Landefeld betrug 1000 m. Seitdem sind noch wesentliche Verbesserungen und Verfeinerungen besonders hinsichtlich der Abstimmung vorgenommen. (The Aeroplane Bd. 29, S. 990.) *F. Bn.*

Neue Illuminations- und Reklamelampen. — Für alle Arten von Illuminations-, Dekorations-, Fest- und Reklamebeleuchtung werden im allgemeinen kleine Glühlampen für Niederspannung (14 V) gebraucht, die bei den üblichen Netzspannungen hintereinander geschaltet werden müssen. Die Serienschaltung hat zwar den Vorzug niedriger Installationskosten, aber auch den Nachteil, daß beim Ausbrennen von nur einer Lampe gleich die ganze Serie erlischt. — Auf der Jahrestagung der Lichttechnischen Gesellschaft in Karlsruhe im November 1929 führte die Osram G. m. b. H. Kommanditgesellschaft eine neue Illuminationslampe vor, die eine glückliche Lösung des Problems der Serienschaltung darstellt. Diese Lampe (Ausführung D für 14 V, 5 W) wird in Birnenform von 32 mm Dmr. und einer Gesamtlänge von 63 mm hergestellt. Im Sockel ist eine Strombrücke angeordnet, die in bekannter Weise in dem Augenblick, in dem der Leuchtdraht durchbrennt, einen besonderen Widerstandsdraht einschaltet, der denselben Widerstand wie der Leuchtdraht besitzt, so daß die übrigen Lampen der Serie ohne Überlastung und mit unverminderter Lichtleistung weiter brennen. Ferner befindet sich in der neuen Lampe eine Vorrichtung, welche die defekte Lampe durch einen Spiegelbelag kennzeichnet, der sich bei Einschaltung des Widerstandsdrahtes auf der Innenwand des Lampenkolbens niederschlägt.

Um die Beleuchtung wirkungsvoller zu gestalten, verwendet man die neuen Osram-Illuminationslampen jetzt mit farbigem Emailüberzug. Sie werden in den Normalfarben Weiß, Gelb, Orange, Rot, Grün und Blau hergestellt. Der Farbüberzug ist wetterfest, lichtecht und hitzebeständig und läßt den Leuchtdraht nicht durchscheinen, so daß die Lampen als gleichmäßig leuchtende Körper erscheinen. Ihr Licht wird durch die Farbschicht so stark zerstreut, daß keine Blendung eintritt, was bei der Benutzung der bunt emaillierten Lampen für Dekorationszwecke von besonderem Vorteil ist. *fi.*

Bahnen und Fahrzeuge.

Güterzuglokomotiven der Paris-Lyon-Mittelmeerbahn. — Seit dem 5. V. 1930 werden auf der Strecke Culoz—Modane der PLM-Bahn sämtliche Züge elektrisch gefahren. Über die dortigen Schnellzuglokomotiven wurde bereits mehrfach berichtet[1]. Nun beschreibt M. Bergeret sehr eingehend die Güterzuglokomotiven. Sie arbeiten mit Gleichstrom von 1500 V, der teils durch Oberleitung, teils durch Stromschiene zugeführt wird, und haben etwa 2400 PS Motor-Stundenleistung nach amerikanischen Regeln. Am Haken liefern sie eine Stundenzugkraft von 16 t, die bei 1350 V Fahrleitungsspannung bis zu 30 km/h aufrecht erhalten werden kann, und fahren damit auf Steigungen:

bis zu 6 ‰	1100 t	Anhängelast
„ „ 10 „	1000 t	„
„ „ 15 „	900 t	„
„ „ 30 „	350 t	„

Obwohl die Zugkraft bei 50 km/h nur noch 5 t beträgt, ist die zulässige Höchstgeschwindigkeit doch 80 km/h, damit gelegentlich auch Personenzüge übernommen werden können. Auf Gefällen von 30 ‰ lassen sich Züge von 400 t noch ohne Benutzung der Luftbremse, allein durch Anwendung der Nutzbremsung sicher fahren.

In drei Baureihen (Bezeichnung B, C und D) von je 10 Stück wurden die Maschinen von folgenden Gruppen geliefert:

[1] ETZ 1927, S. 1339 und 1776, sowie 1931, S. 118.

Reihe B: Studiengesellschaft für die Elektrisierung der französischen Bahnen (Abb. 8),

Reihe C: Constructions Electriques de France und Société Alsacienne (Abb. 9),

Reihe D: Cie. Electromécanique und Cie. de Fives-Lille (ähnlich Abb. 9).

Zwischen den einzelnen Baureihen bestehen elektrisch und mechanisch bedeutende Unterschiede. Sie sind jedoch alle mit 6 Tatzlagermotoren ausgerüstet, die zu 6, 3 und 2 in Reihe geschaltet werden. Dazu kommen noch zwei Feldschwächungstufen, so daß sich im ganzen 9 wirtschaftliche Fahrstufen ergeben. Die Steuerung erfolgt überall elektropneumatisch, im allgemeinen durch Einzelschütze, so daß eine große Anzahl von Verriegelungen usw. erforderlich sind. Um sie zu vereinfachen, wurden in mehreren Fällen Gruppen zusammengehöriger Schütze gemeinsam durch eine elektropneumatisch betätigte Nockenwelle angetrieben, z. B. die Fahrtwendungs- oder Gruppierungsschütze.

Abb. 8. Güterzuglokomotive der PLM, Baureihe B.

Abb. 9. Güterzuglokomotive der PLM, Baureihe C.

Auch bei der Nutzbremsung liegen 6, 3 oder 2 Anker in Reihe. Zur Felderregung dienen besondere Erregergeneratoren; durch weitgehende Verwendung von Stabilisierungswiderständen wird die Schaltung einfach gehalten. Überspannungs- und andere Bremsrelais sichern die Bremswirkung und erleichtern die Bedienung. Setzt die Bremswirkung plötzlich aus, etwa durch Abschalten des Unterwerks, so tritt die Luftbremse sofort selbsttätig in Wirkung, und ein Pfeifensignal macht den Führer auf die erfolgte Umschaltung aufmerksam.

Bei schweren Kurzschlüssen, die von den Schalteinrichtungen der Lokomotive nicht mehr bewältigt werden, kann der Führer durch pneumatisch betätigte Schalter die Fahrleitung unmittelbar erden, so daß das Unterwerk zum Abschalten gezwungen wird. Trotzdem ist das Hauptschütz sehr leistungsfähig, nach Art der bekannten Schnellschalter ausgeführt; es begrenzt zunächst den Kurzschlußstrom durch Vorschalten eines Widerstandes und trennt ihn dann erst ab.

Den Steuerstrom liefert eine alkalische 70 V-Batterie, die dauernd in Reihe mit den Lüftern und anderen Hilfsmotoren liegt, sich also im allgemeinen selbsttätig auf angemessenem Ladezustand erhält. Auch in den anderen Einzelheiten lehnen sich die Maschinen eng an die für 1500 V Gleichstrom üblichen Anordnungen an. Lediglich die Motoren zeigen in ihrem Entwurf manche Besonderheit:

Baureihe	B	C	D	
Polzahl	4	4	6	
Stundenleistung	408	383	395	PS
Nenndrehzahl	564	590	536	U/min
Höchstdrehzahl	1290	1350	1227	„
Feldschwächungsgrad	73:58	80:60	83:62	%
Anker-Dmr.	550	620	650	mm
Kommutator-Dmr.	465	530	600	„
Eisenbreite	350	280	340	„
Stegzahl	171	195	483	
Nutenzahl	43	65	69	
Luftspalt	12	16	12	mm
Gewicht mit Vorgelege	3834	4650	5260	kg
Einheitsgewicht	9,4	12,1	13,3	kg/PS

(B e r g e r e t, Rév. Gén. des Chem. de Fer Bd. 50, S. 147.) *Tf.*

Fernmeldetechnik.

Kabelsuchgeräte. — Das vielfach hervortretende Bedürfnis, die örtliche Lage eines Starkstrom- oder Schwachstromkabels genau festzustellen oder aus einer Anzahl im gemeinsamen Kabelgraben oder -brunnen liegender Kabel ein bestimmtes herauszusuchen, hat zur Entwicklung besonderer Kabelsuchgeräte geführt, die die Induktionswirkung eines in das zu suchende Kabel gesandten Wechselstroms — oder auch bei belasteten Starkstromkabeln die Induktionswirkung des Kabelbetriebstroms — ausnutzen. Ein derartiges von M o e n c h im Reichspostzentralamt gemeinsam mit der C. Lorenz AG. entwickeltes Gerät besteht aus einem Sender und einem Empfänger. Der Sender enthält als Stromquelle einen Selbstunterbrecher oder Summer, der Wechselstrom von 800 ... 1000 Hz liefert, welcher durch eine Kontaktscheibe mit Uhrwerk im Takte von Morsezeichen unterbrochen wird. Dieser Sender wird einpolig an das eine Ende des zu suchenden Kabels angeschlossen, während sein zweiter Pol ebenso wie das andere Kabelende geerdet wird. Als Empfänger dient ein Empfangsrahmen mit angeschlossenem Dreiröhrenverstärker und Kopffernhörer hinter der letzten Röhre. Zur Feststellung des gesuchten Kabels bewegt man sich mit dem Rahmen über dem Kabel; fällt bei Drehung des Rahmens seine Längsachse in die Richtung des Kabels, so ist die Lautstärke im Hörer am größten, so daß der Verlauf des Kabels leicht festgestellt werden kann. Ein kleiner Rahmen, der z. B. in Kabelbrunnen unmittelbar auf die Kabel gesetzt werden kann, dient zum Heraussuchen eines bestimmten Kabels aus mehreren Kabeln. — Ein ähnliches Kabelsuchgerät hat auch die Siemens & Halske AG. entwickelt. Statt des Rahmens enthält es eine Suchspule, die an einen Zweiröhrenverstärker angeschlossen ist und Tonmaximum ergibt, wenn die Kabelrichtung und die Spulenlängsachse einen Winkel von 90° bilden. Als Induktionsstrom dient bei belasteten Starkstromkabeln der Betriebsstrom, sonst der Strom eines Summers. (K l e i n s t e u b e r, Tel. u. Fernspr.-Techn. Bd. 19, S. 308.) *But.*

Neue Signal- und Sicherungsanlagen der Südbahn in London. Etwa 11 km mit 4-, 6- und z. T. 12gleisigen Strecken der Londoner Südbahn sind neu ausgerüstet. Es handelt sich hierbei um ein Großbeispiel neuzeitlicher Signal- und Sicherungseinrichtungen, deren in Europa bisher nur bei städtischen Schnellbahnen angewandte Elemente hier den Bedürfnissen eines sehr vielgestaltigen Betriebs mit z. T. bunter Gleisbesetzung durch Züge verschiedener Geschwindigkeit und Betriebsweise (Personen-Nah- und -Fernverkehr, Dampf- und elektrisch, Dampfgüterzüge ohne durchgehende Bremse) angepaßt worden sind. Zugbeeinflussungen (Fahrsperren) sind freilich nicht vorgesehen. Die Signale in den Weichenbezirken der Bahnhöfe und der Streckenverzweigungen sind halbselbsttätig mit Grundstellung „Halt"; sie werden vom Stellwerkswärter auf Fahrt gestellt, zeigen dann aber unter der Einwirkung von Gleisströmen jeweils nur diejenigen Bilder, die der Streckenbesetzung des in der Fahrtrichtung vor ihnen gelegenen Abschnittes entsprechen. Sie werden vom Zug auf Halt gesteuert und können erst wieder auf Fahrt gehen, nachdem der Signalschalter auf Halt zurückgelegt und wieder auf Fahrt gestellt wurde. Hierdurch ist die Mitwirkung des Wärters auch für Fahrten, die keine Weichenumstellung erfordern, erzwungen. Die Signale in den weichenfreien Abschnitten sind selbsttätig mit Grundstellung „Fahrt"; sie werden mittels Gleisströmen vom Zuge gesteuert. Die Signale sind 3- und 4-begriffig; letztere sind dort angewendet, wo auch handgebremste Güterzüge fahren, deren Bremsweg gleich 2 Signalabständen ist. An Wegverzweigungen finden Richtungsanzeiger (Glastafeln mit weißen Nummern oder Buchstaben) Anwendung. Darüber hinaus wird an Abzweigungen mit scharfen Krümmungen eigentümlicherweise die erforderliche Geschwindigkeitsbeschränkung durch eine mittels der Betriebszustandsignale vorgetäuschte Streckenbesetzung des folgenden Abschnitts erreicht.

Die Einführung der selbsttätigen Zugsicherungen und der mechanische Antrieb der Weichen hat es ermöglicht, die Zahl der Stellwerke in dem Bezirk von 24 auf 6 herabzusetzen, von denen der Betrieb mit 739 Schaltern statt bisher mit 1824 Hebeln beherrscht wird. Als unbefriedigend ist freilich die Ausnutzung des Betriebszustandssignals für „Langsamfahrt wegen Bahngestaltung" zu bezeichnen. Wesentlich besser erscheint folgender Vorschlag: Bei 3-begriffigen Signalen wird für das Signal A an der Verzweigung außer den Signalen 1. Frei weg, nächstes Signal frei, 2. Vorsicht, nächstes Signal Halt, 3. Halt zusätzlich vorgesehen 4. Langsam wegen Bahngestaltung.

nächstes Signal frei, 5. Langsam wegen Bahngestaltung, nächstes Signal Halt; an dem rückliegenden Signal B kommt zu 1 ... 3 hinzu 4. Achtung, nächstes Signal langsam wegen Bahngestaltung. Abb. 10 zeigt die Anwendung dieses Vorschlages auf die Signale der Berliner Schnellbahnen der DRG. (E. Reuleaux, Verkehrstechn. Woche Bd. 25, S. 193.) *Spi.*

Abb. 10. Vorschlag für Signalisierung von Verzweigungen bei den Berliner Schnellbahnen der DRG. (Grundsystem zweilampig).

Energiewirtschaft.

Schweizerische Haushaltungen als Stromabnehmer. — Nach Schätzungen, die das Sekretariat des VSE, Zürich, soeben für Ende 1930 mitgeteilt hat, entfielen auf dem Gebiet der Beleuchtung bei insgesamt etwa 9,6 Mill Lampen im Mittel rd. 240 und bei 0,31 Mill. kW Anschlußwert 7,8 kW auf 100 Einwohner. Im Jahr 1930 wurden 150 Mill kWh verbraucht, d. s. durchschnittlich 37,5 kWh je Einwohner, der bei 60 Mill Fr Gesamtjahresausgaben im Mittel für Licht 15 Fr bezahlte. An Motoren waren Ende 1930 rd. 96 000 in Gebrauch, von denen also etwa 2 auf je 100 Einwohner zu rechnen sind; bei 60 000 kW Anschlußwert kommen auf diese Bewohnerzahl, im Mittel 1,5 kW. Der elektrische Antrieb erforderte im Berichtsjahr 6 Mill kWh, was durchschnittlich für den Einwohner 2 kWh und bei 1,6 Mill Fr Jahresausgaben 0,4 Fr ausmacht. Die Gesamtzahl der Wärmeapparate wird auf etwa 1,3 Mill geschätzt, so daß 100 Einwohner deren etwa 32 benutzten und von 1 Mill kW Anschlußwert etwa 25 kW in Anspruch nahmen. Der Verbrauch betrug im ganzen 300 Mill kWh bzw. 75 kWh je Einwohner, die Jahresausgabe 21 Mill Fr, d. s. als Mittelwert für letzteren 5,25 Fr. Alles in allem ergeben die Schätzungen als Gesamtanschlußwert der Haushaltungen 1,37 Mill kW oder 34,3 kW je 100 Einwohner, einen Gesamtarbeitsverbrauch von 456 Mill kWh bzw. 114,5 kWh für den Einwohner, auf den von 82,6 Mill Fr Jahresausgaben im Mittel 20,65 Fr entfielen. An der Summe des Elektrizitätsverbrauchs waren 1930 die Beleuchtung mit 32,7 %, die Motoren mit 1,8 % und die Wärmeanwendungen mit 65,5 % beteiligt. Von den Einnahmen lieferten das Licht 72,6 %, die elektrischen Antriebe 1,8 % und die Benutzung der Wärmeapparate 26,6 %. Der mittlere Preis der Kilowattstunde ist von 20,5 auf 18 Rp gesunken; im Durchschnitt wurden für Beleuchtung 40 Rp, für Wärme 7 Rp/kWh bezahlt. Das Sekretariat macht darauf aufmerksam, daß der Lichtkonsum von im Mittel 37,5 kWh je Kopf und Jahr an manchen Orten weniger als 10 kWh ausmache, während einzelne städtische Werke bis zu 112 kWh angegeben hätten. Diese Unterschiede seien im Verbrauch von Wärmeenergie noch größer, den Aarau z. B. zu 218 kWh bewertet habe. Im ganzen wurden Ende 1930 in der Schweiz etwa 90 000 Heißwasserspeicher betrieben, d. s. etwa 2,2 je 100 Einwohner, doch gibt es auch Gemeinden, wo 4 bis 5 solcher Apparate, in Basel sogar 7,6 auf 100 Einwohner entfallen. Die Zahl der Kochherde mit zwei und mehr Kochplatten schätzt man auf etwa 70 000; in einigen Dörfern beträgt sie gegen 20 je 100 Bewohner. Insgesamt dürften heute in der Schweiz schon mindestens 0,3 Mill Personen regelmäßig ausschließlich elektrisch gekochte Mahlzeiten einnehmen. Unter Berücksichtigung der Verluste kommt das Sekretariat zu der Annahme, daß z. Z. etwa 21 % der von den Elektrizitätswerken gelieferten Arbeit in den Haushaltungen Verwendung finden. (Bull SEV Bd. 22, S. 440 (1931.)

VEREINSNACHRICHTEN.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker

(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33.
Fernspr.: Amt C 4, Wilhelm 8864—8868.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Bekanntmachung.

Kommission für Meßinstrumente.

Gegen den in ETZ 1931, Seite 676, veröffentlichten Entwurf 1 der „Regeln für Wandler R. E. W." sind wider Erwarten eine Reihe von Einsprüchen und Änderungsanträgen eingegangen, die eine Beschlußfassung gelegentlich der diesjährigen Jahresversammlung unmöglich machten.

Gemäß Beschluß der diesjährigen Jahresversammlung wurde indessen der Vorstand ermächtigt, die auf Grund neuer Beratungen geänderte Fassung zu verabschieden, um eine Inkraftsetzung der Arbeit am 1. Januar 1932 zu ermöglichen.

Die Kommission veröffentlicht im nachstehenden den auf Grund der vorgenommenen Beratungen über vorstehende Eingänge fertiggestellten Schlußentwurf.

Über die noch vorzunehmende Verabschiedung durch den Vorstand wird zu gegebener Zeit eine Bekanntmachung erfolgen.

An den in ETZ 1931, Seite 657, erschienenen Erläuterungen haben sich gleichfalls einige Änderungen bzw. Ergänzungen als notwendig herausgestellt. Von ihrer Veröffentlichung wird an dieser Stelle abgesehen; die Erläuterungen werden zusammen mit der Arbeit in üblicher Weise als Sonderdruck hergestellt, der durch die Geschäftstelle des VDE bezogen werden kann[1].

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

[1] Sonderdruck VDE 512.

Kommission für Meßinstrumente.

Schlußentwurf.

Regeln für Wandler R. E. W./1932.

Inhaltsübersicht.

I. Gültigkeit.

§ 1.

Geltungsbeginn.

Diese Regeln treten am 1. Januar 1932 in Kraft.

§ 2.

Geltungsbereich.

Diese Regeln gelten für Strom- und Spannungswandler für Frequenzen von 15 ... 60 Hz mit voneinander isolierten Primär- und Sekundärwicklungen zum Anschluß von Meßgeräten, Zählern, Relais u. dgl.

II. Begriffserklärungen.

§ 3.

Nenn- und sonstige elektrische Größen.

Nennstromstärke I_n, primäre und sekundäre, eines Stromwandlers ist der auf dem Schild angegebene Wert der primären und sekundären Stromstärke.

Nennspannung U_n, primäre und sekundäre, eines Spannungswandlers ist der auf dem Schild angegebene Wert der primären und sekundären Spannung.

Bei Einphasenwandlern, die in Stern-Stern-Schaltung ein Drehstromaggregat bilden, sowie bei Fünfschenkelwandlern gilt die Sternspannung als Nennspannung.

Bürde ist bei Stromwandlern der in Ohm angegebene Scheinwiderstand der sekundär angeschlossenen Apparate einschließlich Zuleitung.

Nennbürde ist die auf dem Schild angegebene Bürde, bei der die Fehlergrenzen der jeweiligen Klasse nicht überschritten werden.

Auslösebürde ist die bei Stromwandlerauslösung kurzzeitig anschließbare Bürde, bei der bei Nennstrom ohne Rücksicht auf den Fehlwinkel der Stromfehler 10 % ist, wenn ihr Leistungsfaktor $\cos \beta = 0{,}6$ beträgt.

Nennleistung ist
bei Stromwandlern das Produkt aus dem Quadrat des sekundären Nennstromes und der Nennbürde,
bei Spannungswandlern die auf dem Schild angegebene Scheinleistung, die der Wandler bei Nennspannung dauernd abgeben kann und bei der die Fehlergrenzen der betreffenden Klasse nicht überschritten werden.

Bei Drehstromwandlern gilt die Gesamtleistung als Nennleistung.

Grenzleistung ist
bei Spannungswandlern die auf dem Schild angegebene Scheinleistung, die der Wandler bei Nenn-Primärspannung dauernd abgeben kann, ohne daß die Erwärmung die in § 23 angegebenen Grenzwerte überschreitet.

Nenn-Übersetzung(s-Verhältnis) ist
bei Stromwandlern das Verhältnis von Nenn-Primärstrom zu Nenn-Sekundärstrom,
bei Spannungswandlern das Verhältnis von Nenn-Primärspannung zu Nenn-Sekundärspannung.

Dieser Wert wird als ungekürzter gewöhnlicher Bruch angegeben.

Nennfrequenz ist die auf dem Schild angegebene Frequenz.

Nenn-Frequenzbereich ist der auf dem Schild angegebene Frequenzbereich.

§ 4.

Überstromziffer.

Überstromziffer n ist bei Stromwandlern das Vielfache des Nenn-Primärstromes, bei dem bei Nennbürde ohne Rücksicht auf den Leistungsfaktor der Stromfehler 10 % ist.

§ 5.

Thermischer Grenzstrom.

Thermischer Grenzstrom ist der Primärstrom, den die Primärwicklung des Wandlers 1 s lang ohne Schaden aushalten kann; er wird mit „therm" bezeichnet und ist unter Zugrundelegung einer Endtemperatur von 200 ° zu berechnen. Unter der Voraussetzung, daß keine stärker gefährdeten Verbindungstellen in der Primärwicklung vorhanden sind, ist seine Bestimmung nach der Formel

$$\text{therm} = \frac{180\ Q_1}{1000} \text{ in kA}$$

möglich, wobei Q_1 den Kupferquerschnitt in mm² der Primärwicklung bedeutet.

§ 6.

Dynamischer Grenzstrom.

Dynamischer Grenzstrom ist die erste Stromamplitude, die der Wandler bei kurzgeschlossener Sekundärwicklung dynamisch verträgt; er wird mit „dyn" bezeichnet.

§ 7.

Zubehör.

Meßzubehör sind:
Widerstände, Kondensatoren oder sonstige Apparate, die zur Einhaltung der Genauigkeit erforderlich sind.

Schutzzubehör sind:
Widerstände, Kondensatoren, Funkenstrecken oder sonstige Apparate, die zum Schutz gegen Überspannungs- oder Überstromerscheinungen dienen sollen, sofern ihre Lieferung vereinbart ist.

§ 8.

Fehlergrößen.

Stromfehler eines Stromwandlers bei einer gegebenen primären Stromstärke ist die prozentuale Abweichung der sekundären Stromstärke von ihrem Sollwert, der sich aus der primären Stromstärke durch Division mit dem Nenn-Übersetzungsverhältnis ergibt.

Spannungsfehler eines Spannungswandlers bei einer gegebenen primären Klemmenspannung ist die prozentuale Abweichung der sekundären Klemmenspannung von ihrem Sollwert, der sich aus der primären Klemmenspannung durch Division mit dem Nenn-Übersetzungsverhältnis ergibt.

Der Fehler wird positiv gerechnet, wenn der tatsächliche Wert der sekundären Größe den Sollwert übersteigt.

Fehlwinkel ist
bei Stromwandlern die Phasenverschiebung des Sekundärstromes gegen den Primärstrom,
bei Spannungswandlern die Phasenverschiebung der sekundären Klemmenspannung gegen die primäre Klemmenspannung.

Die Ausgangsrichtungen sind hierbei so vorausgesetzt, daß sich bei Fehlerfreiheit des Wandlers eine Verschiebung von 0 ° (nicht 180 °) ergibt.

Der Fehlwinkel wird in Bogenminuten (′) angegeben und positiv gerechnet, wenn die sekundäre Größe voreilt.

III. Genauigkeit.

§ 9.

Klassenzeichen.

Wandler, die diesen Regeln entsprechen, erhalten ein Klassenzeichen. Hierfür werden mit dem Vorsatz „Klasse" — auf Wandlerschildern Kl. abgekürzt — die in Tafel I angegebenen Ziffern verwendet.

Die Klassenbezeichnung darf nur angebracht werden, wenn alle Bestimmungen dieser Regeln für die betreffende Klasse erfüllt sind.

Bei Wandlern für mehrere Übersetzungen sollen im allgemeinen für jede von diesen alle Bestimmungen einer Klasse erfüllt werden; ist dieses nicht erfüllbar, so ist zu jeder Übersetzung die zugehörende Klasse anzugeben, z. B. durch Anbringen mehrerer Schilder. Dasselbe gilt für Wandler mit mehreren Kernen.

Bei mehrphasigen Spannungswandlern beziehen sich die Angaben auf die einzelnen verketteten Spannungen bei Anschluß an ein symmetrisches Mehrphasennetz; sind jedoch die Wicklungsenden für die Nullpunkte herausgeführt, so beziehen sich die Angaben auf die Sternspannung.

Tafel I.
Klassenziffern.

Klassenziffer	Stromwandler	Spannungswandler
0,2	Ist für genaueste Laboratoriums- und Prüffeldmessungen, insbesondere bei hoher Phasenverschiebung vorgesehen.	
0,5	Ist für Laboratoriums- und Prüffeldmessungen sowie für genaue Messungen der Leistung und Arbeit im Betrieb vorgesehen.	
1,0	Ist für Messungen der Leistung und Arbeit im Betrieb vorgesehen.	
3,0	Ist meist von hoher thermischer oder dynamischer Festigkeit und nur zum Anschluß von Strommessern oder Relais vorgesehen.	Ist nur zum Anschluß von Relais vorgesehen.
10	Ist meist als Stabwandler für kleinen Nennstrom zum Anschluß von Überstromrelais und für Wandlerstromauslösung vorgesehen.	

§ 10.

Fehlergrenzen.

1. Stromwandler. Die in Tafel II angegebenen Fehlergrenzen gelten

bei Wandlern der Klassen 0,2, 0,5 und 1 für Bürden zwischen $^1/_4$ und $^1/_1$,
bei Wandlern der Klassen 3 und 10 für Bürden zwischen $^1/_2$ und $^1/_1$

der auf dem Stromwandler angegebenen Nennbürde und bei einem sekundären Leistungsfaktor $\cos \beta = 0{,}8$; der Mindestwert der Bürde soll aber bei Wandlern mit 5 A sekundärem Nennstrom nicht kleiner als 0,15 Ω, bei Wandlern mit 1 A sekundärem Nennstrom nicht kleiner als 1,5 Ω sein.

Tafel II.
Fehlergrenzen von Stromwandlern.

Klassenziffer	Stromfehler			Fehlwinkel		
	bei 1,0 I_n	bei 0,2 I_n	bei 0,1 I_n	bei 1,0 I_n	bei 0,2 I_n	bei 0,1 I_n
0,2	0,2	0,35	0,5	10′	15′	20′
0,5	0,5	0,75	1,0	30′	40′	60′
1	1,0	1,5	2,0	60′	80′	120′
3	3,0	—	—	—	—	—
10	10,0	—	—	—	—	—

Die tatsächlichen Fehler des Wandlers dürfen an keiner Stelle größer sein als dem Linienzug entspricht, der bei graphischer Darstellung durch geradlinige Verbindung der Werte obiger Tabelle erhalten wird. Hierbei müssen die für 100 % des Nennstromes festgelegten Fehlergrenzen

bei Wandlern der Klassen 0,2, 0,5 und 1 auch bei 120 %,
bei Wandlern der Klassen 3 und 10 auch bei 50 %

eingehalten werden.

Vor der Prüfung der Genauigkeit ist eine Entmagnetisierung des Stromwandlers mit Wechselstrom vorzunehmen.

2. Spannungswandler. Die in Tafel III angegebenen Fehlergrenzen gelten für Leistungen zwischen $^1/_4$ und $^1/_1$ der auf dem Spannungswandler angegebenen Nennleistung, bezogen auf die Nennspannung bei einem sekundären Leistungsfaktor $\cos \beta = 0{,}8$. Bei Spannungsänderung zwischen den vorgeschriebenen Grenzen wird der der Nennleistung entsprechende Widerstand im Sekundärkreise unverändert gelassen.

Tafel III.
Fehlergrenzen von Spannungswandlern.

Klassenziffer	Spannungsfehler	Spannung	Fehlwinkel	Spannung
0,2	0,2	0,8 ... 1,2 U_n	10′	0,8 ... 1,2 U_n
0,5	0,5	„	20′	„
1,0	1,0	„	40′	„
3,0	3,0	1,0 U_n	—	—

IV. Genormte Werte.

§ 11.

Ströme.

Als genormte Nennstromstärken für Stromwandler gelten die in Tafel IV angegebenen Werte.

Tafel IV.
Genormte Nennstromstärken in Ampere für Stromwandler.

Nennstrom Primär-		Sekundär-
5		
10	100	
	150	
20	200	
30	300	
	400	5 und in besonderen Fällen 1
50	500	
	600	
75	750	
	800	
	1000	

§ 12.

Spannungen.

Als genormte Nennspannungen für Spannungswandler gelten die in Tafel V angegebenen Werte.

Tafel V.
Genormte Nennspannungen in Volt für Spannungswandler.

Betriebspannung nach DIN VDE 2	Wechselstrom 50 Hz Nennspannung Primär-	Sekundär-
1 000	1 000	
3 000	3 000	
6 000	6 000	
10 000	10 000	
15 000	15 000	
20 000	20 000	
30 000	30 000	
45 000	45 000	100
60 000	60 000	
80 000	80 000	
100 000	100 000	
150 000	150 000	
200 000	200 000	
300 000	300 000	

Die fettgedruckten Spannungen bedeuten Vorzugspannungen, die in erster Linie empfohlen werden sowohl für Neuanlagen als auch für umfangreiche Erweiterungen.

Bei Abweichungen von diesen Werten ist die primäre und sekundäre Nennspannung möglichst so zu wählen, daß das Übersetzungsverhältnis teilbar ist

bei Nennspannungen bis 15 kV durch 5
„ „ über 15 ... 30 kV „ 10
„ „ über 30 kV „ 20.

§ 13.

Bürden.

Als genormte Nennbürden für Stromwandler mit einem sekundären Nennstrom von 5 A gelten die in Tafel VI angegebenen Werte.

Tafel VI.
Genormte Nennbürden in Ohm für Stromwandler mit einem sekundären Nennstrom von 5 A.

0,2	0,6	1,2

§ 14.

Leistungen.

Als genormte Nennleistungen für Spannungswandler gelten die in Tafel VII angegebenen Werte.

Tafel VII.
Genormte Nennleistungen in Volt-Ampere für Spannungswandler.

15	30	60
Wandler der Klasse 0,2 können auch mit 5 VA ausgeführt werden.		

V. Bestimmungen.

A. Allgemeines.

§ 15.

Bezeichnung der Bauarten.

Die Bauart der Wandler wird durch eine Reihe von großen Buchstaben gekennzeichnet:

erster Buchstabe: Art der Isolierung zwischen Primär- und Sekundärwicklung
- T = Trockenwandler (Isolierung durch Luft oder imprägnierte Faserstoffe).
- O = Ölwandler.
- M = Massewandler.
- P = Porzellanwandler.

zweiter Buchstabe: Bauweise des Wandlers
- T = Topfwandler.
- S = Stützerwandler.
- D = Durchführungswandler.
- K = Kaskadenwandler.

dritter Buchstabe: Bauweise der Wicklung
- S = Stabwandler (Primärwicklung aus einem Leiter, gleichgültig, ob er einen Konstruktionsteil des Wandlers bildet oder nicht).
- W = Wickelwandler (Primärwicklung besteht aus mehreren Windungen).

vierter Buchstabe: Einbau
- H = Horizontal.
- V = Vertikal.
- B = Beliebig.

Wenn Einbau beliebig, kann der vierte Kennbuchstabe fortgelassen werden.

Beispiel: ODWV Ölwandler,
Durchführungswandler,
Wickelwandler,
Vertikaler Einbau.

§ 16.

Bezeichnung der Anschlußklemmen.

Die Anschlüsse sind unter Berücksichtigung der „Regeln für die Bezeichnung von Klemmen bei Maschinen nebst Anlassern und Reglern sowie bei Transformatoren" gleichsinnig zu bezeichnen.

Die Anschlüsse der Primärwicklung der Stromwandler werden durch die Buchstaben **K** und **L**, die der Sekundärwicklung durch *k* und *l* bezeichnet.

Die Anschlüsse der Primärwicklung der Spannungswandler werden durch die Buchstaben **U, V** bzw. **U, V, W** bzw. **U—X, V—Y, W—Z**, die der Sekundärwicklung durch *u, v* bzw. *u, v, w* bzw. *u—x, v—y, w—z* bezeichnet.

Nullpunkte werden mit **O** bzw. *o* bezeichnet.

Die einzelnen Anzapfungen einer Wicklung erhalten mit abnehmender Windungzahl der Reihe nach die Kennziffern **1, 2, 3** usw. bzw. *1, 2, 3* usw.

Sind mehrere untereinander gleiche Wicklungen vorhanden, die einander parallel geschaltet werden können, so erhält die erste keine besondere Kennzeichnung, die zweite den Buchstaben **a**, die dritte den Buchstaben **b** usw. zu den im übrigen gleichlautenden Bezeichnungen.

Bei Stromwandlern mit mehreren Kernen sind die Anschlüsse der Sekundärwicklung des ersten Kernes mit *1 k* bzw. *1 l*, die des zweiten mit *2 k* bzw. *2 l*, die des dritten mit *3 k* bzw. *3 l* usw. zu bezeichnen. Die Kennziffern müssen auf dem Schild des betr. Kernes vermerkt sein.

Bei Ölschalter-Stromwandlern soll das äußere Ende des Primärleiters **K**, das innere unter Öl liegende Ende **L** entsprechen; demgemäß sind die Enden der Sekundärwicklung zu bestimmen. Ist das Anbringen der Klemmenbezeichnungen *k, l* nicht möglich, so ist statt dessen das Wicklungsende *l* mit weißer Farbe zu bezeichnen. Außerdem soll die dem Ölschalter-Innern zugekehrte Fläche des Ringkernes mit weißer Farbe gekennzeichnet werden.

Der Erdungsanschluß ist zu bezeichnen.

§ 17.

Innere Schaltung von mehrphasigen Spannungswandlern.

Dreiphasige Spannungswandler sind nach der Schaltgruppe A_2 der „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Transformatoren R.E.T." zu schalten.

Bei Mehrphasenwandlern mit magnetischem Rückschluß, die auf dem Rückschlußschenkel eine herausgeführte Wicklung tragen, sind die Anschlüsse dieser Wicklung mit *e* und *n* so zu bezeichnen, daß die Spannung *e—n* in Phase mit der Sternspannung des erdgeschlossenen Poles liegt.

§ 18.

Erdung.

An dem Gehäuse bzw. an den mit dem Kern in guter Verbindung stehenden Eisenkonstruktionsteilen ist ein Erdungsanschluß vorzusehen, der ausreichend bemessen und leicht zugänglich sein muß.

Für die Ausführung der Erdungen gelten die „Leitsätze für Schutzerdungen in Hochspannungsanlagen" und die „Leitsätze für Schutzmaßnahmen in Starkstromanlagen mit Betriebspannungen unter 1000 V, L.E.S. 1".

B. Erwärmung.

§ 19.

Probelauf.

Die Erwärmungsprobe wird nach den Bestimmungen der „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Transformatoren R.E.T."[1] vorgenommen, soweit nicht im folgenden anderes festgelegt ist.

§ 20.

Betriebswarmer Zustand.

Sofern nichts anderes angegeben ist, gilt eine mittlere Raum- oder Kühlmitteltemperatur von 20° als Bezugstemperatur.

Tafel VIII.
Wärmebeständigkeitsklassen.

	I	II	III
	Klasse	Isolierstoff	Behandlung
1	0	Baumwolle, Seide, Papier und ähnliche Faserstoffe	ungetränkt und nicht unter Öl
2	A*	Baumwolle, Seide, Papier und ähnliche Faserstoffe	getränkt
		Lackdraht	—
3	A_f*	Baumwolle, Seide, Papier und ähnliche Faserstoffe Lackdraht	in Füllmasse
4	A_0	Baumwolle, Seide, Papier und ähnliche Faserstoffe Lackdraht	unter Öl
5	B	Glimmer- und Asbestpräparate und ähnliche mineralische Stoffe	mit Bindemittel
6	C	Glimmer	ohne Bindemittel
		Porzellan, Glas, Quarz und ähnliche feuerfeste Stoffe	—

* Anmerkung zu 2 und 3: Eine Isolierung wird als „getränkt" bezeichnet, wenn die Luft zwischen den Fasern durch einen geeigneten Stoff ersetzt wird, auch wenn dieser Stoff nicht alle Räume zwischen den einzelnen isolierten Leitern vollständig ausfüllt.

Sind diese Zwischenräume vollständig ausgefüllt, so wird die Isolierung als „in Füllmasse" bezeichnet.

Das Tauchen einer mit ungetränktem Draht gewickelten Spule ohne Anwendung von Druck oder Vakuum gilt nicht als Tränkung.

Von einem brauchbaren Tränkmittel wird verlangt, daß es gute Isoliereigenschaften hat, daß es die Fasern vollständig einhüllt und sie aneinander und am Leiter haften läßt, daß es keine Hohlräume infolge Verdunstung des Lösungsmittels oder infolge anderer Ursachen bildet, daß es bei der zugelassenen Grenztemperatur nicht weich wird und daß es wärmebeständig ist.

Von einer brauchbaren Füllmasse wird verlangt, daß sie gute Wärmeleitfähigkeit und erforderliche Isoliereigenschaften hat, daß sie die Hohlräume zwischen den isolierten Leitern vollständig ausfüllt und keine Hohlräume bildet, daß sie bei der zugelassenen Grenztemperatur nicht tropfbar weich wird und daß sie sich bei dauernder Erwärmung nicht verändert.

[1] Vgl. R.E.T./1930, §§ 33 u. ff.

Für die Feststellung der Erwärmung wird vorausgesetzt, daß der Beharrungzustand der Temperaturverteilung erreicht ist.

§ 21.

Bestimmung der Erwärmung.

Erwärmung eines Wandlerteiles ist der Unterschied zwischen seiner Temperatur und der des zutretenden Kühlmittels.

Die Erwärmung aller Wicklungen ist für Stromwandler bei Nennbürde und 1,2-fachem Nennstrom, für Spannungswandler bei dem der Nennleistung entsprechenden Widerstand im Sekundärkreis und 1,2-facher Nennspannung aus der Widerstandzunahme der Wicklungen festzustellen.

Bei Drehstromwandlern mit magnetischem Rückschluß ist bei der Erwärmungsprobe nach vorausgehender Dauerlast mit 1,2-facher Nennspannung die mittlere Oberspannungsphase kurzzuschließen. Die Zeitdauer für diesen Versuch beträgt 2 h.

Bei Einphasenwandlern, die ein Drehstromaggregat mit starr geerdetem Nullpunkt bilden, ist nach vorausgehender Dauerlast mit 1,2-facher Sternspannung auch noch die Wicklungserwärmung bei 1,2-facher verketteter Spannung und zweistündigem Betrieb festzustellen.

Wenn die Widerstandsmessung, z. B. bei dicken Kupferschienen von geringem Widerstand, untunlich ist, so wird die Thermometermessung angewendet.

Bei der Prüfung dürfen die betriebsmäßig vorgesehenen Umhüllungen und Abdeckungen nicht entfernt werden.

§ 22.

Wärmebeständigkeit der Isolierstoffe.

Tafel VIII siehe S. 1287.

§ 23.

Grenzerwärmungen.

Die in Tafel IX höchstzulässigen Grenzwerte der Erwärmung gelten unter der Voraussetzung, daß die Kühlmitteltemperatur 35° nicht überschreitet.

Für die Temperatur gelten Grenzwerte, die 35° über den Werten in Tafel IX liegen. Diese Grenzwerte für die Temperatur gelten immer.

Tafel IX.

Grenzerwärmungen.

	I	II	III	IV	V	VI
	Wicklungen mit Isolierung nach Klasse	0	A u. A_f	A_0	B	C
1	Wicklungen	50°	60°	70°	80°	Nur beschränkt durch den Einfl. auf benachbarte Isolierteile.
	I	II				
2	Eisenkerne bei Trockenwandler	60°				
3	Eisenkerne bei Ölwandler	70°				
4	Öl in der obersten Schicht	60°				
5	Alle anderen Teile	Nur beschränkt durch den Einfluß auf benachbarte Isolierteile.				

Meßverfahren	
Wicklungen	Widerstandzunahme und Thermometermessung
Alle anderen Teile	Thermometermessung

C. Isolierung.

§ 24.

Isolierung des Nullpunktes geerdeter Spannungswandler.

Bei Spannungswandlern, die zwischen Leitung und Erde geschaltet werden, ist das zu erdende Ende entweder für die volle Primärspannung oder für die Sekundärspannung isoliert herauszuführen. Im letzteren Fall ist die Klemme durch einen außen lösbaren Bügel mit dem Gehäuse zu verbinden.

§ 25.

Isolierfestigkeit und Schlagweiten von Stromwandlern.

Für die Lichtmaße und Prüfspannungen der Primärseite gelten die Werte der Tafel X.

Die Prüfspannung für die Sekundärseite beträgt einheitlich 2000 V.

Die Prüfung erfolgt nach den für die Wicklungsprobe geltenden Bestimmungen der „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Transformatoren R. E. T.“[2]; die Prüfdauer beträgt 1 min.

Zur Prüfung der Isolation von einzelnen Teilen der Primär- oder Sekundärwicklung gegeneinander, die betriebsmäßig zum Zwecke der Änderung des Übersetzungsverhältnisses umschaltbar sind, ist jeder dieser Wicklungsteile gegen die übrigen mit dem Körper verbundenen anderen Teile mit 2000 V während 1 min zu prüfen.

Zur Prüfung der Isolation der Windungen der Sekundärwicklungen gegeneinander sollen Stromwandler, die betriebsmäßig gegen Öffnen des Sekundärkreises nicht durch eine selbsttätige Kurzschlußvorrichtung geschützt sind, außerdem bei offener Sekundärwicklung 1 min lang mit primärem Nennstrom gespeist werden.

Ist diese Probe nicht möglich, so ist die Windungschlußprüfung von der Sekundärseite aus mit Nennstrom auszuführen; ist auch dieses nicht möglich, so erfolgt sie mit max. 1000 V Klemmenspannung evt. mit erhöhter Frequenz (max. 500 Hz).

Um Restmagnetisierungen bei dieser Prüfung zu vermeiden, muß der Strom nachher allmählich auf den Nennstrom gesteigert und ebenso allmählich wieder vermindert werden.

§ 26.

Isolierfestigkeit und Schlagweiten von Spannungswandlern.

Für die Lichtmaße und Prüfspannungen der Primärseite gelten die Werte der Tafel X.

Die Prüfspannung für die Sekundärseite beträgt einheitlich 2000 V.

Die Prüfung erfolgt nach den für die Wicklungsprobe geltenden Bestimmungen der „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Transformatoren R. E. T.“[3]; die Prüfdauer beträgt 1 min.

Dauernd mit einem Punkt der Wicklung kurz geerdete Spannungswandler werden nur der Windungsprobe unterworfen.

Zur Prüfung der Isolation von einzelnen Teilen der Sekundärwicklung gegeneinander, die betriebsmäßig zum Zwecke der Änderung des Übersetzungsverhältnisses umschaltbar sind, ist jeder dieser Wicklungsteile gegen die übrigen mit dem Körper verbundenen anderen Teile mit 2000 V während 1 min zu prüfen.

Zur Prüfung der Isolation der Windungen gegeneinander sollen Spannungswandler außerdem bei offener Sekundärwicklung während 5 min an die der Tafel X entsprechende Prüfspannung gelegt werden. Bei dieser Probe darf die Frequenz gesteigert werden, wenn die Stromaufnahme bei der Nennfrequenz unzulässig hoch würde.

Bei Wandlern nach § 24 ist für die Bestimmung der Prüfspannung die verkettete Spannung (Nennspannung siehe § 3) maßgebend.

Bei Fünfschenkelwandlern ist für jeden Schenkel getrennt die Windungsprobe auszuführen; die Wicklungen der beiden anderen Schenkel sind hierbei kurzzuschließen.

§ 27.

Durchführungsisolatoren.

Die Prüfung erfolgt nach den Bestimmungen der „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Transformatoren R. E. T.“[4]; sie kann aber nur entweder an den zu den Wandlern gehörenden Isolatoren vor Zusammenbau mit dem Wandler, jedoch mit zugehörendem Flansch, oder bei Verzicht auf diese Art der Prüfung an Isolatoren gleicher Type verlangt werden.

D. Ursprungzeichen und Schilder.

§ 28.

Hersteller und Firmenzeichen.

Jeder Wandler muß den Namen des Herstellers oder Lieferers oder deren Firmenzeichen sowie eine Fertigungsnummer tragen.

§ 29.

Leistungsschild für Stromwandler.

Außer den Angaben nach § 28 müssen deutlich und haltbar folgende Angaben gemacht werden:

1. Reihen- und Prüfspannung, durch Schrägstrich getrennt,
2. Bauartbezeichnung nach § 15,

[2] Vgl. R. E. T./1930, §§ 46 u. 47.
[3] Vgl. R. E. T./1930, §§ 46 u. 47.
[4] Vgl. R. E. T./1930, § 51.

Tafel X.

Prüfspannungen und Schlagweiten für Wandler.

Betriebsspannung		Durchführungsisolator					Prüfspannung der Primärwicklung		
							Stromwandler	Spannungswandler	
Genormte Werte nach DIN VDE 2 kV	Höchstwert kV	Reihenspannung kV	Schlagweite außen mm	Prüfspannung kV	Überschl.-Grenze kV	Gleitfunk.-Grenze kV	Wickl.-probe kV	Wickl.-probe kV	Windungsprobe kV
1	1,15	1	40	10	11	8	10	10	2,5 mal verkettete Nennspannung
3	3,45	3	75	26	29	20	26	26	
6	11,5	10	125	42	46	33	42	42	
10	11,5	10	125	42	46	33	42	42	
15	23	20	180	64	70	50	64	64	
20	23	20	180	64	70	50	64	64	
30	34,5	30	260	86	95	68	86	86	
45	51,75	45	360	119	131	94	119	119	2 mal verkettete Nennspannung
60	69	60	470	152	167	120	152	152	
80	92	80	580	196	216	155	196	196	
100	115	100	720	240	264	190	240	240	
150	172,5	150	—	350	385	277	350	350	
200	230	200	—	460	506	365	460	460	
300	345	300	—	680	748	540	680	680	

Für Betriebsspannungen bis 750 V beträgt die Prüfspannung der Wicklungsprobe einheitlich 3 kV.

3. Nennfrequenz evt. Nennfrequenzbereich,
4. thermischer Grenzstrom,
5. primäre und sekundäre Nennstromstärke, durch Schrägstrich getrennt,
6. Nennbürde und Auslösebürde, durch Schrägstrich getrennt,
7. Klassenbezeichnung,
8. Systemzeichen, soweit erteilt,
9. Formbezeichnung des Herstellers (kann auch wegfallen).

Tafel XI.

Beispiele von Leistungsschildern für Stromwandler.

Formbezeichnung des Herstellers — Hersteller, Lieferer od. Firmenzeichen — Fertigungsnummer
Reihen-/Prüfspannung, Bauartbezeichnung, Nennfrequenz(bereich), therm. Grenzstrom — kV, Hz, kA therm. — A, Ω, Kl. — Primär-/Sekundär-Nennstrom, Nenn-/Auslösebürde, Klassenbezeichnung, Systemzeichen

Formbezeichnung des Herstellers — Hersteller, Lieferer od. Firmenzeichen — Fertigungsnummer
Reihen-/Prüfspannung, Bauartbezeichnung, Nennfrequenz(bereich), therm. Grenzstrom — kV, Hz, kA therm. — A, Ω, Kl. — 1, 2, 3 — Kernbezeichnung, Primär-/Sekundär-Nennstrom, Nenn-/Auslösebürde, Klassenbezeichnung

Die Angaben 1 bis 4 und 5 bis 8 sind in zwei nebeneinander stehenden Spalten zu machen.

Bei zwei und mehreren Kernen sind die Angaben der zweiten Spalte für alle Kerne unter Hinzufügung der Kernbezeichnung erforderlich.

§ 30.

Zusätzliche Angaben für Stromwandler.

Auf einem Zusatzschild sind auf Verlangen auch

10. Überstromziffer n,
11. dynamischer Grenzstrom

anzugeben.

§ 31.

Bemerkungen zu den Schildangaben.

Zu 4 und 11: Die Grenzströme sind in Kilo-Ampere anzugeben.

§ 32.

Leistungsschild für Spannungswandler.

Außer den Angaben nach § 28 müssen deutlich und haltbar folgende Angaben gemacht werden:

1. Reihen- und Prüfspannung, durch Schrägstrich getrennt,
2. Bauartbezeichnung nach § 15,
3. Nennfrequenz evt. Nennfrequenzbereich,
4. primäre und sekundäre Nennspannung, durch Schrägstrich getrennt,
5. Nennleistung und Grenzleistung, durch Schrägstrich getrennt,
6. Klassenbezeichnung,
7. Systemzeichen, soweit erteilt,
8. Formbezeichnung des Herstellers (kann auch wegfallen).

Tafel XII.

Beispiele von Leistungsschildern für Spannungswandler.

Formbezeichnung des Herstellers — Hersteller, Lieferer od. Firmenzeichen — Fertigungsnummer
Reihen-/Prüfspannung, Bauartbezeichnung, Nennfrequenz(bereich) — kV, Hz — V, VA, Kl. — Primär-/Sekundär-Nennspannung, Nenn-/Grenzleistung, Klassenbezeichnung, Systemzeichen

Formbezeichnung des Herstellers — Hersteller, Lieferer od. Firmenzeichen — Fertigungsnummer
Reihen-/Prüfspannung, Bauartbezeichnung, Nennfrequenz(bereich) — kV, Hz — V, VA, Kl. — a, b — Wicklungsbezeichnung, Primär-/Sekundär-Nennspannung, Nenn-/Grenzleistung, Klassenbezeichnung

Die Angaben 1 bis 3 und 4 bis 8 sind in zwei nebeneinander stehenden Spalten zu machen. Bei zwei und mehreren Wicklungen sind die Angaben der zweiten Spalte für alle Wicklungen unter Hinzufügung der Wicklungsbezeichnung erforderlich.

§ 33.

Zusätzliche Angaben für Mehrphasenwandler mit magnetischem Rückschluß.

Bei Mehrphasenwandlern mit magnetischem Rückschluß, die auf dem Rückschlußschenkel eine herausgeführte Wicklung tragen, ist auf dem Leistungsschild, durch Schrägstrich getrennt, die Spannung anzugeben, die bei Belastung des Wandlers mit der Nennleistung an den Klemmen dieser Wicklung im Leerlauf auftritt, wenn eine der Phasenwicklungen primärseitig vollkommen kurzgeschlossen ist.

§ 34.

Bemerkungen zu den Schildangaben.

Zu 4: Bei Einphasenwandlern, die in Stern-Stern-Schaltung ein Drehstromaggregat bilden, sowie bei Fünfschenkelwandlern ist die Nennspannung gegebenenfalls als Bruch $\frac{\text{Netzspannung}}{\sqrt{3}}$ anzugeben.

E. Toleranz.

§ 35.

Zulässige Abweichungen.

Toleranz ist die höchstzulässige Abweichung des festgestellten Wertes von dem nach den Bestimmungen dieser Regeln gewährleisteten Werte. Sie soll die unvermeidlichen Ungleichmäßigkeiten in der Beschaffenheit der Rohstoffe, Ungenauigkeiten der Fertigung und Meßfehler decken.

Tafel XIII.

Toleranzen.

Gewährleistung für	Zulässige Abweichung
Überstromziffer n	— 10 %

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker

Berlin-Charlottenburg 4, Bimarckstraße 33.

VDE

Betrifft: Firmenkennfäden für isolierte Leitungen.

Der Firma: Leonische Werke Roth-Nürnberg AG., Nürnberg 2, ist das Recht erteilt worden, den dem VDE gesetzlich geschützten, schwarz-rot einfädig bedruckten Verbandskennfaden in Verbindung mit einem blauschwarz einfädig bedruckten Firmenkennfaden in isolierten Leitungen, welche den Vorschriften des Verbandes Deutscher Elektrotechniker entsprechen, zu verwenden und diese Leitungen als „Codex"-Leitungen zu bezeichnen.

Die Genehmigung gilt für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen, u. zw. für die Typen:

NGA, NSGA, NRA, NSA, NPL, NPLR, NFA, NLH, NMH, NSH.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.
Zimmermann.

SITZUNGSKALENDER.

Elektrotechn. Verein, Braunschweig. 14. X. 1931, abds. 8 h, Hörsaal des Hochspannungsinstituts der T. H., Eing. Hamburger Str. 307: Vortrag Dr.-Ing. Putnoky, „Beleuchtung in der Industrie".

Elektrotechn. Verein des rhein.-westf. Industriebezirks, Dortmund. 14. X. 1931, abds. 7½ h, Weißer Saal der Gesellschaft Casino, Eing. Olpe: Filmvortrag Prof. Dr. Siedentopf, „Die Welt des Mikroskops und des Ultramikroskops".

Elektrotechn. Gesellschaft Halle a. S. 8. X. 1931, abds. 8¼ h, Saal d. Bierhauses Engelhard: Lichtbildervortrag Dipl.-Ing. Harke, „Fernmessung, Fernmeldung und Fernsteuerung als neuzeitl. Betriebsmittel in der el. Großversorgung".

Württ. Elektrotechn. Verein, Stuttgart. 14. X. 1931, abds. 8 h, gr. Hörsaal des Elektrot. Inst., Militärstr. 3: Lichtbildervortrag Dr.-Ing. Jaensch, „Warum Kurzschlußmotoren statt Käfigmotoren?"

Deutsche Beleuchtungstechnische Gesellschaft, Berlin. 9. X. 1931, mittags 2 h, Osram-Lichthaus, Warschauer Platz 11/12, Ecke Rotherstraße: 19. Jahresversammlung. 1. Bericht über die Tagung der Internationalen Beleuchtungs-Kommission. 2. Geschäftliches. 3. Besichtigung des Glühlampenmuseums der Osram-Gesellschaft. Auskunft erteilt die Geschäftstelle: Berlin O 17, Ehrenbergstr. 11/14.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

F. Foerster †. — Am 14. IX. starb an der Stätte seines Schaffens, in der T.H. Dresden, an Herzschlag der Geh. Rat Prof. Dr.-Ing. E. h. Dr. Fritz Foerster im 66. Lebensjahr. Foerster stammte aus Schlesien, studierte in Berlin, arbeitete nach seiner Promotion in der Phys.-Techn. Reichsanstalt und habilitierte sich 1894 an der T.H. Berlin. Wenig später wurde er an die T.H. Dresden berufen und dort 1900 zum ord. Professor ernannt. Er war einer unserer bedeutendsten Forscher auf dem Gebiete der Elektro- und physikalischen Chemie, dem wir u. a. das groß angelegte Werk „Die Elektrolyse wässeriger Lösungen" verdanken. Er erkannte auch die große Bedeutung der Isolierstoff-Forschung für die Fortschritte in der Elektrotechnik, und auf seine Veranlassung erfolgte an der T.H. Dresden die Begründung einer chemisch-technologischen Forschungs- und Untersuchungsstelle für elektrische Nichtleiter.

L. Graetz. — Am 26. IX. vollendete der Prof. der Physik an der Universität München, Dr. Leo Graetz, das 75. Lebensjahr. Er ist dem Elektrotechniker namentlich durch seine leichtfaßlichen Einführungen in die Elektrizitätslehre und Physik bekannt geworden, die in zahlreichen Übersetzungen über die ganze Welt verbreitet sind, sowie durch das 5bändige „Handbuch der Elektrizität und des Magnetismus". Nach Studien in Berlin, Breslau und Straßburg hat sich Leo Graetz 1884 in München habilitiert und wurde 1908 zum ord. Professor ernannt. Seine experimentellen Arbeiten behandeln vorwiegend Fragen der Wärmelehre, der Mechanik und Hydrodynamik; für die Elektrotechnik wurden seine Untersuchungen über die elektrochemische Gleichrichtung von Wechselströmen besonders wertvoll.

LITERATUR.

Besprechungen.

Aufgaben und Lösungen aus der Gleich- und Wechselstromtechnik. Ein Übungsbuch f. d. Unterr. an techn. Hoch- und Fachschulen sowie zum Selbststudium. Von Prof. H. und Ing. W. Vieweger. 10., umgearb. Aufl. Mit 289 Textabb. zu 349 Aufg. u. einer Taf. m. Magnetisierungskurven. VIII u. 341 S. in 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1931. Preis geh. 11,50 RM, geb. 13 RM.

Die bekannte Aufgabensammlung ist in der neuen Auflage wieder durch verschiedene Erweiterungen bereichert worden. Genannt seien einige lehrreiche Aufgaben über Kapazitätserscheinungen, über Leitungen mit induktiver Belastung, über die Umwicklung von Maschinen auf andere Spannungen und für ein anderes Wicklungsmaterial. Die schon in der vorhergehenden Auflage gebrachte Ableitung der zu verwendenden Formeln, die den Aufgaben vorangestellt ist, ist weiter ausgebaut worden. Dabei scheinen die Verfasser jedoch teilweise über den Rahmen der Aufgabensammlung hinausgegangen zu sein. § 40 enthält z. B. eine eingehende Anleitung und auch durchgerechnete Beispiele für den Entwurf von Drehstrommotoren. Es kann doch wohl nicht das Ziel der Aufgabensammlung sein, in dem Entwurf von Maschinen auszubilden, ganz abgesehen davon, daß die dort mitgeteilten Unterlagen über Ausnutzungsziffer, Luftspaltbreite, Streuformeln ganz und gar nicht neuzeitlichen Ausführungen entsprechen. Vielleicht dürfte daher der Entwurf von Maschinen besser ersetzt werden durch die Nachrechnung gut gewählter Beispiele von ausgeführten Maschinen, deren Prüfungsergebnisse vorliegen. Dieser Vorschlag soll natürlich den sonstigen Wert des Buches nicht beeinträchtigen, für dessen Beliebtheit schon die rasche Aufeinanderfolge der Auflagen spricht. Fraenckel.

Ausgewählte Schweißkonstruktionen. Bd. 1: Stahlbau. Von Dipl.-Ing. O. Bondy. Gesammelt u. herausg. vom Fachausschuß für Schweißtechnik u. Werbeausschuß für Elektroschweißung. Atlas mit 100 Blatt Abb. u. 16 S. in 2°. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1930. Preis des Atlas geb. 12 RM, f. VDI-Mitgl. 10,80 RM.

Handbuch für die Ausführung geschweißter Stahlbauten. Herausg. v. Arcos-Ges. f. Schweißtechnik m. b. H., Aachen, Jülicher Str. 122/34. Mit 155 Abb., 3 Anlagen, VIII u. 148 S. in 8°. Preis geb. 8 RM.

Das erste Buch stellt eine Sammlung (kein Lehr- oder Handbuch) von zum größten Teil bereits ausgeführten und im Schrifttum veröffentlichten Beispielen dar, in denen die Schweißung im Stahlbau als Verbindungsmittel zur Anwendung gelangt ist. Die gewählten Beispiele sind durchweg dem Gebiet der elektrischen Bogenschweißung entnommen, da nur diese in den meisten Fällen wirtschaftlich hierfür in Frage kommt. Leider hat der Verfasser den Begleittext manchmal etwas dürftig gehalten und verschiedene bemerkenswerte, bereits veröffentlichte Bauten, Konstruktionen, u. a. auch solche, die patentamtlich geschützt sind, nicht gebracht. Die Abbildungen sind in ihrer Wiedergabe hervorragend, Druck, Papier und Ausstattung vorzüglich!

Das zweite Buch ist z. T. eine Propagandaschrift, doch kann man darüber hinwegsehen, denn es führt den Anfänger in das neue Gebiet gründlich und systematisch ein. Bemerkenswert sind die umfangreichen Versuchsergebnisse, da sie beweisen, daß man mit Wechselstrom mindestens genau so gute Schweißungen erzielen kann wie mit Gleichstrom, wenn nur die Schweißer darauf eingearbeitet sind und mit geeigneten Geräten und Stäben arbeiten, eine

Tatsache, die man im Auslande schon längst erkannt hat. Die Ausstattung des Buches ist genau so wie die des vorherigen. Beiden ist die größte Verbreitung zu wünschen, damit auch bei uns die elektrische Bogenschweißung im Stahlbau bald den ihr gebührenden Platz einnimmt.
J. C. Fritz.

Verdeutschungsbuch f. kaufm. u. techn. Angestellte im Elektrizitäts-Gewerbe. Von Dipl.-Ing. F. Heintzenberg. 2. neubearb. verm. Aufl. Mit 83 S. in kl. 8°. Verlag Georg Siemens, Berlin 1931. Preis kart. 2,40 RM.

Das Buch enthält Verdeutschungen für technische und kaufmännische Fachausdrücke unter besonderer Berücksichtigung der Elektrotechnik sowie häufig gebrauchte Fremdwörter der Umgangssprache. Die Auswahl ist mit weiser Beschränkung getroffen, die Verdeutschungen entsprechen u. a. auch den Vorschlägen des Dt. Verbandes techn.-wissenschaftl. Vereine — soweit solche vorliegen. Der Verfasser hat auch an einer Reihe von Verdeutschungen Kritik geübt; er hätte darin allerdings ruhig noch weiter gehen dürfen. Alles in allem ist das Büchlein zweckentsprechend und dem im Titel genannten Personenkreis zum Gebrauch zu empfehlen.
H. Dieterlein.

„Ich bitte ums Wort zur Geschäftsordnung." Die Regeln korrekter Versammlungsleitung. Von E. Paquin. 4. Aufl. Mit 47 S. in 8°. Selbstverlag: Hösel (Rhld.), Preußenstr. 1, 1931. Preis geh. 1,90 RM.

In rascher, klarer, genauer und erschöpfender Weise zeigt das Büchlein in allen Versammlungsangelegenheiten den richtigen, gangbaren Weg; es belehrt den Versammlungsleiter über seine Rechte und Pflichten und erteilt ihm Rat in kritischen Lagen. Es unterweist aber auch in trefflicher Weise die Sitzungsteilnehmer über ihre Pflichten und führt ihnen überzeugend vor Augen, welch erfolgreichen Verlauf die Sitzung bei Befolgung der gegebenen Regeln nimmt. Auch für Vereinsversammlungen enthält das Werkchen sehr gute Winke. Wir können das Büchlein als „guten Führer und treuen Wegweiser in den mannigfaltigen Verstrickungen und versammlungstechnischen Schwierigkeiten" empfehlen. Nur würden wir vorschlagen, die Ausführungen unter der Überschrift „Was ist eine Mehrheit?" (S. 37) mit den Ausführungen über „Einfache Mehrheit, absolute Mehrheit, qualifizierte Mehrheit" (S. 31/32) zu vereinigen.
A. Schmidt.

Eingegangene Doktordissertationen.

Werner Duhnsen, Ermittlung der Berührungsverhältnisse von Globoidschneckentrieben. T. H. Berlin 1931. (Erscheint gleichzeitig im 10. Heft d. Versuchsergebnisse des Versuchsfeldes f. Maschinenelemente d. T. H. Berlin.)

Kurt Faure, Berechnung abgespannter Funkmaste. T. H. Berlin 1931. (Sonderdr. aus „Die Bautechnik" 1931, Verlag Wilh. Ernst & Sohn, Berlin.)

A. H. Fritz Goederitz, Ein kritischer Beitrag zur Bedeutung der gegossenen Aluminiumbronzen als Werkstoff für den allgemeinen Maschinenbau. T. H. Berlin 1929.

Willi Grube, Impulsverlängerung. Eine experiment. Unters. über die Verlängerung sehr kurzer Schaltzeiten auf solche v. belieb. Dauer. T. H. Berlin 1930. (Im Auszug erschienen i. d. Z. Fernmeldetechn. 1931, Verlag R. Oldenbourg, München.)

Günther Hollweg, Die Wirtschaftlichkeit der Band-, Gliederband- und Conveyerförderung. T. H. Berlin 1928. (Sonderdr. aus „Braunkohle" 1929, H. 44 u. 45, Verlag Wilh. Knapp, Halle a. S.)

Heinrich Lotze, Der Verschleiß der Auftragschweißung bei Straßenbahnschienen, seine Ursachen und seine Beschränkung auf das Mindestmaß. T. H. Berlin 1931.

Erich Messing, Beiträge zur Theorie der doppeltgespeisten Induktionsmaschine. T. H. Karlsruhe 1931.

Oskar Rütten, Beitrag zur Frage der Dampfverbrauchsbestimmung von Dampffördermaschinen mittels Meßgeräten. T. H. Berlin 1930.

Rudolf Weber, Untersuchung des Energieverlustes von zylindrischen Rollenlagern bei gleichzeitiger Quer- und Längsbelastung T. H. Berlin 1930.

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Die Mittel- und Großbetriebe der Elektrizitätsindustrie. — Nach der Statistik der Gewerbeaufsichtsbeamten[1] ergibt sich für 1930 in der deutschen elektrotechnischen Industrie ein Rückgang der Mittel- und Großbetriebe. Man zählte deren 4522 (4907 i. V.), also 7,8 % weniger und insgesamt 300 679 Arbeitnehmer (351 791 i. V.), was einer Verringerung um 14,5 % entspricht. Die Zahl der Betriebe ist aber weniger stark gesunken als im Gesamtdurchschnitt der deutschen Industrie. Auch innerhalb der Konjunkturgruppe der Produktionsmittelindustrien hat sich die Elektroindustrie verhältnismäßig gut gehalten. An Großbetrieben zählt die Statistik 725 (767 i. V.) mit 252 301 Arbeitnehmern (296 461 i. V.). Für die Elektrizitätsgewinnung und -versorgung ergibt sich demgegenüber eine Steigerung der Mittel- und Großbetriebe auf 1672 (1610 i. V.), während die Zahl der Arbeitnehmer hier von 86 813 i. V. auf 84 387 gefallen ist. Ihre Großbetriebe haben sich mit 406 um einen gegen 1929 verringert; beschäftigt waren in diesen 64 944 Personen, d. s. nahezu 4,5 % weniger als im Vorjahr (67 999). *Pl.*

Aus der Geschäftswelt. — In das Handelsregister wurden eingetragen: Westfälische Telefon-Gesellschaft AG., Dortmund, Kaiserstr. 78 (0,1 Mill RM): Herstellung und Vertrieb von in das Gebiet der angewandten Elektrotechnik fallenden Apparaturen usw.; Phonexpreß Gesellschaft für Telephon-Zusatzapparate m. b. H., Berlin (20 000 RM): Herstellung und Vertrieb von Neuheiten, besonders an Fernsprechanlagen, elektrischen Wählern usw.; Siemens-Lurgi-Cottrell-Elektrofilter-G. m. b. H. für Forschung und Patentverwertung, Berlin (1 Mill RM). Vgl. ETZ 1931, S. 1075; Heilbronn-Kochendorfer Gas- und Stromversorgung, G. m. b. H., Kochendorf (25 000 RM): Versorgung der Bevölkerung und Industrie mit Gas und Elektrizität usw.; Ultragen Gesellschaft für Strahlungstechnik m. b. H., Hamburg (20 000 RM): Verwertung von Erfindungen des Herrn Dr. Fr. Leiser (Arbeitsgerät zur Erzeugung von Ultraviolett-Strahlung, Quecksilberdampflichtröhren, Erzeugung und Verwertung von Elektrofunkenlicht, Tiefenstrahler und Ultratonfrequenz); Städtische Betriebswerke Mohrungen, G. m. b H., Mohrungen (20 000 RM): u. a. Betrieb der städtischen Elektrizitätsversorgung.

Deutschlands elektrotechnischer Außenhandel[2]. — Seine Verteilung innerhalb des Tarifunterabschnitts 18 B für den August 1931 ergibt sich aus folgender Übersicht:

Waren	Mengen dz		Werte 1000 RM	
	August	Jan./Aug.	August	Jan./Aug.
Einfuhr:				
Elektrische Maschinen (einschl. Teile)	1 925	15 441	507	4 858
Elektrot. Erzeugnisse	2 219	19 647	2 026	19 228
Ausfuhr:				
Elektrische Maschinen (einschl. Teile)	22 306	197 412	6 334	56 175
Elektrot. Erzeugnisse	98 831	741 991	32 495	256 286

Die Einfuhr hat sich gegen den Vormonat (4936 dz bzw. 3,197 Mill RM) um 792 dz (16 %) bzw. 0,664 Mill RM (21 %) und, verglichen mit dem gleichen Monat des Vorjahres (5298 dz bzw. 3,139 Mill RM), um 1154 dz (22 %) bzw. 0,606 Mill RM (19 %) verringert. Ebenso ist die Ausfuhr, die im Berichtsmonat 4130 dz Reparationssachlieferungen im Wert von 1,169 Mill RM umfaßte, gegenüber dem Juli (155 967 dz bzw. 44,029 Mill RM) um 34 830 dz (22 %) bzw. 5,2 Mill RM (12 %) gesunken und hinter der des August 1930 (159 326 dz bzw. 48,903 Mill RM) um 38 189 dz (24 %) bzw. 10,074 Mill RM (20,6 %) zurückgeblieben. Für die abgelaufenen acht Monate ergibt sich beim Import eine Abnahme um 10 702 dz (23 %) bzw. 3,276 Mill RM (12 %). Deutschland hat in dem genannten Zeitabschnitt 3850 Lichtmaschinen (3856 i. V.), 45 740 Dynamos, Elektromotoren usw. (64 416 i. V.), 7199 Bogen- usw. Lampen (6897 i. V.), 3,914 Mill Metalldrahtlampen (3,663 i. V) und 0,118 Mill Kohlefaden- usw. Lampen (0,141 i. V.) dem Ausland entnommen. Die Ausfuhr, auf die in dieser Periode an Reparationssachlieferungen 40 347 dz im Wert von 13,325 Mill RM entfielen, weist eine Abnahme um 137 121 dz (13 %) bzw. 60,428 Mill RM (16 %) auf. Der Stückzahl nach sind 53 939 Lischtmaschinen (57 518 i. V.), 447 096 Dynamos, Elektromotoren usw. (483 199 i. V.), 135 519 Bogen- usw. Lampen (19 394 i. V.), 37,938

[1] Wirtsch. u. Stat. Bd. 11, S. 590 (1931).
[2] Vgl. ETZ 1930, S. 1443; 1931, S. 1183.

Stat. Nr.	Erzeugnisse	Einfuhr in dz August 1931	Einfuhr in dz Januar/August 1931	Einfuhr in dz Januar/August 1930	Ausfuhr in dz August 1931	Ausfuhr in dz Januar/August 1931	Ausfuhr in dz Januar/August 1930
907 a	Lichtmaschinen und Lichtzündmaschinen für Motorfahrzeuge; Anlaßmotoren für Verbrennungsmotoren	—	321	354	597*	4 455*	5 277*
907 b/g	Dynamomaschinen, Elektromotoren, Umformer[1]; Transformatoren und Drosselspulen	1 878	14 614	19 669	20 227*	177 094*	249 810*
907 h	Fertig gearbeitete Anker, Kollektoren[2]	47	506	1 050	1 482*	15 863*	15 879*
908 a, b	Elektrizitätsammler, deren Ersatzplatten (Elektroden)	300	1 553	1 818	5 620	39 626*	33 241*
909	Kabel zur Leitung elektrischer Ströme, zur Verlegung in Wasser oder Erde geeignet	328	3 460	5 532	46 781*	348 775*	364 437*
910 a/c	Bogenlampen, Quecksilberdampf-, Quarz- und ähnliche Lampen; Gehäuse dafür mit Glasglocken; Scheinwerfer, Reflektoren[3]	11	114	207	135	1 521*	1 935*
911 a	Metallfadenlampen	370	1 804	1 668	776	5 586*	7 974*
911 b	Kohlenfaden-, Nernst- und andere Glühlampen	8	57	74	18	155	198
912 A1	Telegraphenwerke; Bestandteile davon	8	80	92	18	449	263*
912 A2	Fernsprecher, Fernsprech-, Wand- und Tischstationen, Fernsprechvermittlungseinrichtungen; Bestandteile davon	32	322	266	1 762*	13 704*	15 717*
912 A3	Vorrichtungen für die drahtlose Telegraphie und Telephonie; Bestandteile davon	354	3 730	3 199	4 532*	45 245*	36 805*
912 A4	Meß-, Zähl- und Registriervorrichtungen, auch in Verbindung mit Uhrwerken; Bestandteile davon	70	951	1 276	2 089*	16 747*	19 972*
912 B	Bügeleisen; in der Ausfuhr auch Bestandteile davon	2	48	28	779	5 230	5 795
912 C	Heiz-, Koch- und sonstige Wärmeapparate (ausgenommen 912 B); in der Ausfuhr auch Bestandteile davon	85	658	1 414	1 691	11 460*	10 501*
912 D	Röntgenröhren; in der Ausfuhr auch Bestandteile davon	5	32	22	32	222*	188*
912 E	Magnetzündapparate und sonstige elektrische Zündsysteme sowie Teile davon (ausgenommen Magnete); elektrotechnisches Zubehör für Motorfahrzeuge	49	1 000	1 411	1 978*	12 797*	16 981*
912 F1	Sicherungs- und Signalapparate; Läutewerke; Bestandteile davon	31	129	111	973	7 624*	8 724*
912 F2	Vorrichtungen für Beleuchtung, Kraftübertragung, Elektrolyse; Vorschalte- und Nebenschlußwiderstände; sonst. a. n. g. Vorrichtungen; Bestandteile davon[4]	449	5 058	6 416	23 745*	174 771*	210 348*
912 F3	Vorrichtungen für ärztliche oder zahnärztliche Zwecke; Bestandteile davon (ausgenommen 912 D)	116	519	501	1 004	9 585*	10 610*
912 F4	Galvanische (auch Trocken-)Elemente, elektr. und galvanische Batterien; Thermoelemente; Bestandteile davon	1	110	209	4 354	29 057*	39 655*
912 F5	Isolationsrollen, -glocken, -knöpfe, Spulen, Taster, Schalter usw. aus Steingut, Porzellan oder Glas (ausgenommen 733 a)	—	18	467	[6]	[6]	[6]
912 F6	Isolationsgegenstände aus Asbest, Asbestpappe, Glimmer oder Mikanit für die Elektrotechnik (Schutzkasten usw.)	—	4	6	32	255	454
912 F7	Isolierröhren für elektr. Leitungen aus Papier oder Pappe und Verbindungsstücke dafür[5]	.	.	.	2 507	19 162*	21 754
—	Elektrotechnische Erzeugnisse, unvollständig angemeldet	—	—	—	5	20	6
	Summe von Tarifunterabschnitt 18B: Menge in dz	4 144	35 088	45 790	121 137*	939 403*	1 076 524*
	Summe von Tarifunterabschnitt 18B: Wert in 1000 RM	*2 533*	*24 086*	*27 362*	*38 829**	*312 461**	*372 889**
648 a	Vorgepreßte Blöcke, Platten und Stangen aus Kohle für elektrotechnische Zwecke	15	131	221	1 314	12 391	8 839
648 b	Kohlenbürsten, Mikrophonkohlen usw.; Kohlenfäden für elektr. Beleuchtungskörper oder dgl., auch in Verbindung mit Platin	4	29	39	59	511	624*
648 c	Brennstifte für Bogenlampen	—	56	599	364	4 985	5 387
648 d	Elektroden	267	1 984	2 929	9 153	116 239	170 129
733 a	Porzellanisolatoren für Telegraphen- oder Fernsprechleitungen[7]	—	6	2	6 555*	39 291*	48 457*
740 a	Glühlampenkolben	1	59	172	1 081	9 205	10 813
783 c	Bearbeitete Teile von elektrischen Maschinen der Nrn. 907 a/g und von Erzeugnissen der Nrn. 907 h/911 b aus nicht schmiedbarem Gußeisen	15	121	776	[9]	[9]	[9]
799 c	dsgl. aus schmiedbarem Eisen	49	488	997			
890 a	Isolierter Draht aus unedlen Metallen für die Elektrotechnik	228	2 152	2 236	9 813*	87 465*	97 170*
915 b4	Elektrokarren[8]	.	.	.	243	1 931	3 304*

Mill Metalldrahtlampen (49,073 i. V.) und 0,413 Mill Kohlefaden- usw. Lampen (0,644 i. V.) über die Grenzen gesandt worden. Der Überschuß des Exports betrug 904 315 dz bzw. 288,375 Mill RM (1 030 734 dz bzw. 345,527 Mill RM i. V.).

[1] Quecksilberumformer s. Nr. 912 F 2. — [2] Die Ausfuhr umfaßt auch andere Teile von nicht vollständigen elektrischen Maschinen usw. — [3] Die Ausfuhr umfaßt auch Teile von Bogenlampen außer Brennstiften (648 c). — [4] Die Ausfuhr umfaßt auch Isolationsgegenstände aus Ambroid, Hartkautschuk usw. der Nr. 912 F 5 außer Isolationsglocken (733 a). — [5] Einfuhr nach Beschaffenheit. — [6] Isolationsglocken unter 733 a, andere Waren, auch aus Ambroid, Hartkautschuk usw., unter 912 F 2. — [7] Die Ausfuhr umfaßt Isolatoren aller Art (auch Isolationsglocken) aus Steingut oder Porzellan. — [8] Einfuhr unter 915 b (Last-, Liefermotorwagen). — [9] Für die Ausfuhr gelten die im Unterabschnitt 18 B bei den Maschinen angegebenen stat. Nrn.

* Einschließlich der Reparationssachlieferungen.

Zur Beachtung.

Ab 1. Oktober dieses Jahres lautet unsere Anschrift:

An die
Schriftleitung der Elektrotechnischen Zeitschrift
Charlottenburg 4,
Bismarckstraße 33.

Fernruf
C 4 Wilhelm 1955/56

Die Schriftleitung der ETZ.

Abschluß des Heftes: 3. Oktober 1931.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes
16 250 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

ETZ

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

INHALT

42. HEFT · 52. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9
(1293—1320)
15. OKTOBER 1931

Elektrotechnische Zeitschrift
(Zentralblatt für Elektrotechnik)
Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894
Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9
52. Jahrgang | Berlin, 15. Oktober 1931 | Heft 42

Das VDE-Haus.

Von Dr. **Artur Günther**, Berlin.

Am 1. Oktober 1931 ist das neue Geschäftshaus des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seiner Bestimmung übergeben worden. Es liegt in Charlottenburg, Bismarck-, Ecke Krumme Straße in sehr verkehrsgünstiger Gegend nahe der Städtischen Oper. Die Bahnhöfe Savignyplatz und Charlottenburg der S-Bahn sind von hier aus leicht zu erreichen. Mehrere Straßenbahn- und Autobuslinien führen durch die Bismarckstraße — die in den Kaiserdamm auslaufende große westliche Ausfallstraße Berlins — sowie durch die in unmittelbarer Nähe kreuzende Wilmersdorfer Straße, eine Hauptverkehrstraße Charlottenburgs. Ein Ausgang des Untergrundbahnhofes Städtische Oper liegt unmittelbar neben dem neuen Hause.

Die bevorzugte Lage an der 50 m breiten Ausfallstraße neben dem städtebaulich außerordentlich stark betonten Opernhausbau gab Veranlassung, nicht nur der architektonischen Gestaltung des neuen Bauwerks, sondern auch seiner städtebaulichen Wirkung besondere Sorgfalt zuzuwenden. Neben der stark aufgelösten Front des Opernhauses erschien es angezeigt, als Gegensatz hierzu einen Baukörper von großer Einfachheit hinzustellen. Auch in der Gliederung der Fassaden sowie in der Behandlung ihrer Außenflächen wurden Einfachheit und Schlichtheit angestrebt.

Die Achsenteilung der Fenster ist eng, was einem praktischen Bedürfnis von Bürohäusern dieser Art entspricht. Das Innere des Gebäudes enthält nämlich keine massiven Trennwände. Die Decken liegen auf den Frontwänden auf und werden im Innern nur von einem in sich standfesten Stützen- und Unterzugsystem aus Eisenbeton getragen. So ergibt sich in jedem Geschoß ein einziger großer, beliebig verwendbarer Raum. Nur Treppenhäuser, Aufzüge und Toilettenanlagen sind an ihre bestimmte Lage gebunden. Die enge Fensterteilung gibt nun die Möglichkeit, den inneren Großraum sehr verschiedenartig aufzuteilen und die ganze Raumdisposition leicht beweglich zu machen.

In der Bismarckstraße ist die Front des Gebäudes bis auf einen schmalen Streifen hinter die Bauflucht zurückgesetzt, um auf dem Bürgersteig genügend Verkehrsraum für einen neuen Ausgang der U-Bahn zu behalten. Der in der Bauflucht verbleibende schmale Bauteil wird dadurch zu risalitartiger Wirkung gebracht, das Gebäude löst sich von der Häuserflucht und gibt so der Ecke des Baublocks einen städtebaulich erwünschten Akzent.

Haupttreppe und Haupteingang sind an die Seite gerückt, da der Eingang in der Mitte der Front und die Treppenanordnung hier die Ladenreihe zerschnitten und die Zusammengehörigkeit der Räume in den Obergeschossen beeinträchtigt hätten. Außerdem hätte diese Lage nach den baupolizeilichen Bestimmungen 2 Nottreppen erfordert, während man sich so mit einer solchen am anderen Ende des Gebäudes in der Krummen Straße begnügen konnte.

Die Gliederung der Fassaden ist ausgesprochen horizontal. Durch ein Vordach, welches um das ganze Gebäude oberhalb der Läden herumläuft, wird diese Gliederung noch besonders betont. Zu ihr steht der vor die Front vortretende, dem Treppenhaus vorgelagerte turmartige Vorbau in wirkungsvollem architektonischen Gegensatz. Die Straßenansicht ist mit Muschelkalk, das Vestibül mit Solnhofener Platten verkleidet.

Das Gebäude hat ein Laden- und vier Obergeschosse. Die Aufstockung eines 5. Obergeschosses ist vorgesehen. Vom Haupteingang gelangt man in ein Vestibül mit Pförtnerloge und zu dem Haupttreppenhaus mit Personenfahrstuhl. Das ganze Untergeschoß nehmen Laden- und Ausstellungsräume ein. Am anderen Ende liegt eine Durchfahrt, daneben ein zweiter Pförtnerraum und die Nebentreppe. Am Ende der Durchfahrt befindet sich ein Lastenaufzug mit 1000 kg Tragfähigkeit, der zu Laboratorienräumen in den oberen Geschossen führt. Im 1. Obergeschoß befindet sich neben dem Treppenhaus der Empfangsraum mit Anmeldung. Im übrigen wird dieses Geschoß von den Büroräumen des VDE eingenommen. An der Ecke liegt, parallel zur Front Krumme Straße, ein großer Sitzungsaal von 20 m Länge und 8 m Breite. Er kann durch Klappwände in drei einzelne Säle unterteilt werden. Der ganze Saal faßt bei Aufstellung von Sitzungstischen rd. 100 Personen, bei Aufstellung von Stuhlreihen für Vortragszwecke kann etwa die doppelte Personenzahl Platz finden. Im 2. Oberge-

schoß liegen die Büroräume des Elektrotechnischen Vereins sowie der Schriftleitung der Elektrotechnischen Zeitschrift und eine gemeinsame Bücherei. Im 3. Obergeschoß sind Prüfräume und Laboratorien mit zugehörigen Büroräumen untergebracht, im 4. Obergeschoß schließlich weitere zu vermietende Büroräume sowie die Hausmeisterwohnung.

Selbstverständlich ist das Gebäude mit allen Betriebseinrichtungen ausgestattet, deren ein modernes Bürohaus bedarf. Kurz erwähnt sei nur: Die Warmwasserheizung wird durch Gegenstromapparate versorgt, die mit Dampf von dem städtischen Fernheizwerk gespeist werden. Für die Regelung der Heizung ist eine Fernthermometeranlage eingebaut. Der Sitzungsaal hat eine künstliche Belüftung mit Ventilatoren für die Zu- und Abluft. Der Personenaufzug ist mit einer rein elektrischen Feineinstellung versehen. Die Laboratorien und Prüfstellen haben einen erweiterten Umfang erhalten und werden mit den neuesten Maschinen und Einrichtungen ausgestattet.

Der architektonische Entwurf des Hauses stammt von Dr.-Ing. E. h. Hans Hertlein, die Anordnung der Stark- und Schwachstromanlage betreute Oberbaurat Höchtl, München. Die Durchführung des maschinen- und wärmetechnischen Teiles oblag Baurat Jacobi, die Bauleitung hatte Dipl.-Ing. Rappold.

Das Bauprogramm ist vom Vertreter des Bauherrn, Generalsekretär Direktor Peter Schirp, mit Unterstützung einer Baukommission aufgestellt und durchgeführt worden.

Die Problematik des Spitzenausgleichs bei der Großkraftwirtschaft in Deutschland*.

Von Dipl.-Ing. **Fr. Schraeder**, Stadt-Oberbaurat, Mannheim.

Übersicht. **Unter Zugrundelegung von Höchstbelastungskurven einer Anzahl deutscher Elektrizitätswerke aus dem Jahre 1928 wird untersucht, in welchem Umfang der elektrische Zusammenschluß der deutschen Stromversorgungsnetze zu einem gekuppelten System einen Ausgleich der maßgeblichen Jahreshöchstbelastungen bewirken kann. Es erweist sich, daß dieser Ausgleich nicht als Faktor von positiver, wirtschaftlicher Bedeutung gewertet werden darf, der in allen Fällen einen Zusammenschluß rechtfertigt. Im Anschluß wird untersucht, ob die bisherige Entwicklung der deutschen Großkraftwirtschaft eine besonders günstige Ausnutzung der ausgebauten Kraftwerksleistungen im Vergleich mit den Einzelkraftwerken des Jahres 1913 und damit eine Ersparnis an Reserven herbeigeführt hat; die Untersuchung wird dann noch auf die Ausnutzung der Fernleitungen durch einen Vergleich der Jahre 1925 und 1929 ausgedehnt. Die Untersuchungen führen auch hier nicht zu Feststellungen, die eine allgemeine Überlegenheit der Großkraftwirtschaft erkennen lassen.**

A. Die Bedeutung des Spitzenausgleichs in der Darstellung der Verfechter der Großkraftwirtschaft.

Zur Stromversorgung Deutschlands aus öffentlichen Elektrizitätswerken ist ein bestimmtes System — als Großkraftwirtschaft bezeichnet — in raschem Ausbau weit vorangeschritten, das an Stelle der örtlichen Stromerzeugung eine einheitliche Großversorgung Deutschlands aus wenigen, sehr großen Kraftwerken und mit Hilfe besonderer, zusammenhängender Höchstspannungsnetze, die den bestehenden Netzen überlagert werden, anstrebt. Diese Großkraftwirtschaft wird in organisatorischer Beziehung in zunehmendem Maße von wenigen großen, die kleineren aufnehmenden Unternehmungen beherrscht. Infolgedessen trägt sie unverkennbar den Grundzug der Entwicklung zu einem monopolartigen Gebilde. Wenn man bei objektiver Betrachtung dieser Entwicklung von dem Grundsatze ausgeht, daß bei der großen Bedeutung der Elektrizitätswirtschaft für das gesamte deutsche Wirtschaftsleben die sich vollziehende Entwicklung die unbedingt beste aller gegebenen Entwicklungsmöglichkeiten darstellen muß, so stößt man auf die bemerkenswerte Erkenntnis, daß es schwer ist, zweifelsfreie Beweise dafür in bezug auf das im Ausbau begriffene System zu finden.

Das fachtechnische Schrifttum Deutschlands hat sich in den letzten Jahren nur sehr wenig mit exakten Untersuchungen der wirtschaftlichen Grundlagen der gegenwärtigen Entwicklung befaßt, z. T. wohl, weil die Behandlung sehr erschwert ist, da leider zu wenig verwertbares Erfahrungsmaterial aus den in der Großkraftwirtschaft am rührigsten tätigen Unternehmungen bekanntgegeben wird. In Anbetracht der unbestreitbar großen wirtschaftlichen Bedeutung dieser Fragen gibt der hier vorliegende Mangel begründeten Anlaß, eine der ausschlaggebenden Grundfragen der Großkraftwirtschaft zu untersuchen, nämlich die Frage der wirtschaftlichen Bedeutung des Ausgleichs der Spitzenbelastung als Folge von Netzzusammenschlüssen.

Unter den Argumenten, die von den Verfechtern der zentralisierten Großkraftwirtschaft zur Begründung der wirtschaftlichen Überlegenheit dieser gegenüber der Einzelkraftwirtschaft angeführt zu werden pflegen, ist eines der wichtigsten das der großen wirtschaftlichen Vorteile des Spitzenausgleichs. Als der besondere Vorteil käme hiernach vor allem Ersparnis an Kapital in Betracht. Trotzdem dieses Argument gern als besonders beweiskräftig angeführt wird, darf man doch nicht an der Feststellung vorübergehen, daß schlüssige Beweise für die allgemeine Gültigkeit dieser Behauptung, insbesondere in bezug auf die großen Werke, bislang nicht vorhanden sind.

Eine wichtige Rolle spielt dieses Argument u. a. auch bei der zusammenfassenden Begründung der Überlegenheit der Großkraftwirtschaft in dem Vortrage, den Generaldirektor Rob. Frank auf der Jahresversammlung 1929 des VDE in Aachen über den „Zusammenschluß großer Netze im Lichte der Elektrizitätswirtschaft" gehalten hat[1]. Dieser Vortrag ist darum besonders bemerkenswert, weil er an so hervortretender Stelle von einer auf dem in Rede stehenden Gebiete maßgeblichen Persönlichkeit gehalten wurde. Da infolgedessen seine Begründung das Grundsätzliche der Anschauungen wiedergeben dürfte, wie sie in den Fachkreisen vertreten werden, die sich für die Zentralisation der Stromerzeugung und der Großverteilung einsetzen, soll sie einer kritischen Untersuchung unterzogen werden.

Bezüglich der Einzelheiten sei auf den veröffentlichten Wortlaut verwiesen. An dieser Stelle sei nur wiedergegeben, daß die besonderen Vorteile des Zusammenschlusses so zusammengefaßt werden[2]:

„Verbesserte Ausnutzung der gesamten Anlagen, insbesondere durch Erhöhung der Benutzungsdauer,
Ersparnisse an Reserven durch gegenseitige Aushilfslieferung,
zweckmäßiger Lastausgleich.

Alle diese Faktoren sind geeignet, die Erzeugungs- und Verteilungskosten erheblich herabzusetzen, und stellen sozusagen die Aktivseite dieses stark finanziellen Wirtschaftsproblems dar."

Von welch grundlegender Bedeutung diese Gesichtspunkte für die Großkraftwirtschaft sind, geht aus der Tatsache hervor, daß in dem Frankschen Vortrage andere als diese zur Begründung der Zweckmäßigkeit des Zusammenschlusses nicht angeführt werden. Positive, vor allem zahlenmäßige Nachweise sind in dem Vortrage nicht enthalten. Man ist also gezwungen, die sehr wesentliche Frage als offen gelassen zu betrachten, in welchem Umfange denn tatsächlich die Kupplung der großen Stromversorgungen unter den in Deutschland gegebenen Absatzverhältnissen eine wirtschaftlich bedeutsame Erniedrigung der gesamten Belastungspitze zur Folge hat. Wenn Erfahrungen, die bei der Kupplung kleiner Werke gemacht wurden, verallgemeinert sind, so ist dazu zu bemerken, daß berechtigte Zweifel bestehen, ob diese Erfahrungen auch auf den Zusammenschluß von großen Netzen übertragen werden dürfen.

B. Ergebnisse bisheriger Untersuchungen und Erfahrungen bezüglich des Spitzenausgleichs.

Zunächst gilt die Feststellung, daß für die allgemeine Beurteilung des zur Erörterung stehenden Gesichtspunktes Material von großer Beweiskraft vorhanden ist, das

---

* Wir hoffen, daß die Ausführungen des Herrn Verfassers zu einer Diskussion über den Spitzenausgleich Veranlassung geben werden, die uns im Interesse der deutschen Elektrizitätswirtschaft wünschenswert erscheint. D. S.

[1] ETZ 1929, S. 963.
[2] ETZ 1929, S. 968.

gegen die Richtigkeit des angeführten Argumentes spricht. Ich will hierzu einige Belege bringen.

1. Der von Klingenberg im Jahre 1916 veröffentlichte Plan[3], zunächst Preußen und dann ganz Deutschland mit einem zusammenhängenden Höchstspannungsnetz zu überziehen, aus dem alle Verteilungsnetze des Landes bzw. des Reiches gespeist werden sollten, gab s. Z. Anlaß zu vielfachen Erörterungen. Der berufenste Sachverständigenkreis, nämlich die Vereinigung der Elektrizitätswerke, machte den Plan zum Gegenstande einer sehr eingehenden Aussprache am 4. XII. 1916 in Berlin; über die Verhandlungen erschien ein umfangreicher Bericht[4]. Im Anschlusse veranstaltete die Vereinigung eine Umfrage bei den ihr angeschlossenen Elektrizitätswerken zur Ermittlung der durch einen Zusammenschluß zu erwartenden Ausgleichswirkung in bezug auf die Höchstbelastungen. Das eingehende Material wurde von Dr. Voigt, Kiel, bearbeitet. Aus seinem Berichte[5] sei folgendes wiedergegeben:

Für die Umfrage wurde das letzte Friedensjahr, 1913, gewählt. Von den Antworten wurden 120 zur Bearbeitung benutzt; die 120 Elektrizitätswerke umfaßten eine Jahreserzeugung von 1,74 Mrd kWh. Die arithmetische Zusammenzählung der Spitzenbelastungen aller 120 Elektrizitätswerke ergab unter Außerachtlassung des Zeitpunktes der Spitzenbelastung 574 000 kW. Aus der zeichnerischen Zusammenlegung der Belastungskurven ergab sich als Spitzenbelastung des einzigen Riesen-Großkraftwerkes, das an die Stelle aller 120 Einzelwerke zu treten hätte, eine im Dezember abends 5 h eintretende Leistung von 519 000 kW. Der Bericht sagt dazu:

„Durch die angenommene Zusammenlegung der Werke werden anscheinend 55 000 kW oder rd. 10 % der Maschinenleistung gewonnen; in Wirklichkeit liegen die Verhältnisse ungünstiger. An Stelle der selbständigen Einzelwerke treten fast ausschließlich 100 000 V-Transformatorenwerke, von denen aus die Stromverteilung erfolgt. Der Leistungsverlust von dem oder den Riesenwerken bis zu der elektrischen Unterseite der Transformatorenwerke ist mit 10 % eher zu niedrig als zu hoch angenommen. In Wirklichkeit müssen also von den Riesenwerken zur Bedarfsdeckung der 120 Elektrizitätswerke nicht 518 000 kW, sondern 518 000 kW + 10 % an den Sammelschienen bereitgestellt werden, d. h. rd. 570 000 kW. Die durch die Zusammenlegung der selbständigen kleineren Werke gewonnene Leistungsersparnis wird in unserem Beispiel durch die Verluste des zu dem Großkraftsystem erforderlichen Übertragungsapparates wieder aufgehoben.

Aus der Untersuchung läßt sich mit hoher Wahrscheinlichkeit der Schluß ziehen, daß die Zusammenlegung aller öffentlichen Elektrizitätswerke zu einem einzigen elektrischen Erzeugungssystem unter den heutigen Umständen (1913) eine wesentliche Verbesserung der Maschinenausnutzung nicht bewirken wird."

2. In den ersten Nachkriegsjahren erschien 1921 eine sehr gründliche und mit exakten Zahlen belegte Untersuchung von Dr.-Ing. Sieben über „Die Wirtschaftlichkeit einer Großkraftverwertung der Kohlenenergie in Deutschland"[6]. Diese Arbeit untersucht alle mit der Großkraftwirtschaft verbundenen Gesichtspunkte; sie weist zahlenmäßig auf Grund sorgfältig belegten Materials nach, daß eine zusammengeschlossene Großkraftwirtschaft für Deutschland sich aus wirtschaftlichen Gründen nicht rechtfertigen läßt. Bezüglich der Kupplung der Stromversorgungsunternehmungen mit einander lautet die Endfeststellung als Antwort auf eine von drei Grundfragen[7]:

„Die Großkraftwerke gegebenenfalls untereinander zu verkuppeln, verspricht keinesfalls wirtschaftlichen Gewinn, da die zu erwartende Verbesserung des Ausnutzungsfaktors verschwindend klein ist und die Kosten der Verbindungsleitungen auch nicht annähernd auszugleichen vermag."

Die Arbeit verdiente übrigens, gegenwärtig eingehend studiert und in bezug auf ihr Zahlenmaterial unter Anpassung an die heute gegebenen Verhältnisse ergänzt zu werden.

3. Um eine sachverständige Meinungsäußerung aus dem benachbarten Auslande anzuführen, sei hier eine Stelle aus einem Vortrage wiedergegeben, den der schweizerische Prof. Dr. Bauer von der T. H. Zürich in der gemeinsamen Versammlung der Verbände der Elektrizitätswerke Württembergs und am Mittelrhein am 31. III. 1928 in Stuttgart über „Elektrische Verbundwirtschaft an Hand der praktischen Erfahrungen in der Schweiz und in Oberitalien" gehalten hat. Der Redner führte u. a. folgendes aus[8]:

„Sie wissen, daß das Zusammenlegen der Netze einen wirtschaftlichen Gewinn nur unter bestimmten Voraussetzungen bringt.... Da ist zu sagen, das fast in ganz Europa die Netze zu gleichen Zeiten die Morgenspitze und die Abendspitze haben, und wenn diese Netze alle zusammenarbeiten, so verflacht sich etwas die Spitze, aber die Berg- und Talkurven bleiben doch vorhanden. Davon versprechen wir uns nicht sehr viel.... Die Bedingungen für einen Gewinn aus diesen Zusammenlegungen kann man nicht so einfach theoretisch präzisieren. Die Erfahrungen sprechen gewöhnlich dagegen. Es gehört dazu, daß durch die Verbindung eines Netzes mit einem anderen die Ökonomie durch den Kapitaldienst der Verbindungsanlage, für Bau von Leitungen, Transformatorstationen, Umformeranlagen nicht wieder aufgezehrt wird. Diese zehren oft einen großen Teil, wenn nicht den ganzen Gewinn auf, der durch die Zusammenlegung von zwei Netzen verschiedenen Charakters gewonnen wird."

Das besondere Gewicht der Ausführungen Bauers liegt darin, daß sie maßgebliche Erfahrungen aus dem Aufbau der Elektrizitätswirtschaft der Schweiz wiedergeben, der ein grundsätzlich anderer ist als der sich in Deutschland vollziehende, und bei dem zudem besonders gute wirtschaftliche Erfolge vorliegen.

Ein grundsätzlicher Unterschied ist m. E. darin zu sehen, daß die in der Schweiz bestehenden Stromversorgungsunternehmungen sich parallel nebeneinander weiterentwickeln, unter Vermeidung von Aufsaugungs- und Monopolbestrebungen; ferner wird nach demselben Vortrage die Überlagerung eines Super-power-Systems „über die vorhandenen Netze oder der Bau besonderer Ferntransportleitungen für elektrische Energie über bewohnte Gebiete weg, die selbst Elektrizität erzeugen und verbrauchen, aus wirtschaftlichen Gründen abgelehnt". Die guten Erfolge der schweizerischen Elektrizitätswirtschaft erweisen sich in mäßigen Kapitalfestlegungen, die im Verhältnis zum Stromumsatz i. a. von Jahr zu Jahr sinken[9], und in niedrigen Stromverkaufspreisen bei angemessenen Abschreibungen und Gewinnen.

C. Untersuchungen an Tagesbelastungskurven zur Ermittlung von Spitzenausgleichswirkung.

1. Fragestellung und Erläuterungen.

Die zur Erörterung stehende Frage soll folgendermaßen gefaßt werden:

Hat eine Kupplung der großen Stromversorgungsnetze Deutschlands eine so weitgehende Erniedrigung der gesamten Jahreshöchstbelastung der gekuppelten Netze gegenüber der Summe der Jahreshöchstbelastungen der nicht gekuppelten Netze zur Folge, daß die Erniedrigung als ein Faktor von maßgeblicher wirtschaftlicher Bedeutung anzusehen ist?

Zur Festlegung des Begriffes der „großen" Unternehmungen sei hier willkürlich die Annahme gemacht, daß nur Betriebe mit mehr als 25 Mill kWh Jahresabgabe (= Gruppen I und II der Jahresstatistik der VDEW) in Rücksicht gezogen werden sollen.

Um ein beweiskräftiges Bild für die infolge des Zusammenschlusses großer Stromnetze in Deutschland in Wirklichkeit zu erwartende Höhe des Spitzenausgleichs geben zu können, habe ich u. a. zahlenmäßige Untersuchungen auf Grund zahlreicher Tagesbelastungskurven von deutschen und außerdeutschen Werken sowie ferner des zugänglichen zuverlässigen statistischen und zugehörigen sonstigen Materials angestellt.

Die vorliegende Untersuchung erstreckt sich auf die Zusammenstellung und den Vergleich charakteristischer Tagesbelastungskurven aus der Periode der winterlichen Höchstbelastung für einen Werktag zwischen Anfang Dezember und Weihnachten 1928. Die Werke sind willkürlich ausgewählt. Aus den mir zur Verfügung gestellten Kurven habe ich für 40 deutsche Unternehmungen verschiedener

---

[3] ETZ 1916, S. 297.
[4] Mitt. V. El. W. Bd. 16, S. 1 (1917).
[5] Mitt. V. El. W. Bd. 16, S. 306 (1917).
[6] Düsseldorf 1921, Verlag Stahleisen.
[7] a. a. O., S. 76.
[8] Aus der Niederschrift entnommen.
[9] O. Ganguillet, La Situation financière des entreprises suisses de production et de distribution d'énergie électrique. Bull. SEV Bd. 22, S. 18 (1931).

Größenordnungen die besonders kennzeichnenden Werte in Zahlentafel 1 zusammengestellt; die kleinste der in Betracht gezogenen Höchstbelastungen beträgt rd. 8000 kW.

Zahlentafel 1. Tageshöchstbelastungen deutscher Elektrizitätswerke 1928.

Nr.	Werk	Datum 1928	Vormittags-höchstbelastung kW	Uhr	Nachmittags-höchstbelastung kW	Uhr
1	E.W. Rheinhessen, Worms	20. XII.	6 600	8^{00}	8 150	17^{30}
2	Ludwigshafen a. Rh.; Stadt	18. XII.	8 900	8^{30}	8 800	16^{45}
3	Kraftwerk Rheinau, Mannheim	20. XII.	10 500	7^{30}	9 600	17^{30}
4	Überlandwerk, Braunschweig	19. XII.	9 700	7^{30}	10 350	17^{00}
5	Karlsruhe i. B.; Stadt	19. XII.	11 300	8^{00}	11 600	17^{00}
6	Danzig; Stadt	19. XII.	10 000	8^{00}	12 700	16^{30}
7	Oberpfalzwerke, Regensburg	19. XII.	10 800	8^{00}	12 900	17^{00}
8	Wiesbaden; Stadt	11. XII.	9 300	8^{30}	13 600	$17^{00} \dots 17^{15}$
9	Kassel; Stadt	21. XII.	9 900	8^{30}	14 900	$17^{00} \dots 18^{00}$
10	Bielefeld; Stadt	19. XII.	13 600	8^{20}	15 000	17^{00}
11	Königsberg; Stadt	19. XII.	11 800	7^{30}	16 800	16^{30}
12	Mainz; Stadt	5. XII.	15 650	8^{00}	18 000	17^{10}
13	Mannheim; Stadt	18. XII.	17 000	8^{00}	19 000	16^{30}
14	Kiel; Stadt	20. XII.	15 200	8^{00}	20 500	17^{00}
15	Magdeburg; Stadt	18. XII.	20 300	7^{45}	22 800	16^{45}
16	E.W. Unterelbe.Schulau	.	20 400	8^{00}	23 000	17^{00}
17	Hannover; Stadt	19. XII.	19 800	8^{00}	24 200	17^{00}
18	Kraftwerk Wehrden (Saargeb.)	18. XII.	26 200	8^{30}	25 500	17^{30}
19	Lech-E. W., Augsburg	18. XII.	30 200	7^{30}	28 800	17^{00}
20	Bremen; Stadt	20. XII.	30 100	8^{30}	29 500	17^{00}
21	Oberschwäb. E.W., Biberach	20. XII.	30 500	7^{35}	29 600	17^{35}
22	Pfalzwerke AG., Ludwigshafen	12. XII.	32 300	8^{00}	31 000	17^{30}
23	Großkraftwerk Stettin	20. XII.	25 200	7^{40}	34 000	17^{00}
24	Kraftübertragungsw. Rheinfelden	20. XII.	35 600	8^{00}	35 300	17^{00}
25	Breslau; Stadt	19. XII.	21 500	7^{30}	36 600	17^{00}
26	Düsseldorf; Stadt	18. XII.	29 000	8^{30}	37 000	17^{00}
27	Badenwerk AG., Karlsruhe	XII.	46 500	7^{30}	39 300	17^{30}
28	Frankfurt a. M.; Stadt	20. XII.	37 500	8^{05}	45 500	17^{10}
29	Dresden; Stadt	19. XII.	40 900	8^{00}	45 900	17^{00}
30	Leipzig; Stadt	19. XII.	40 000	8^{00}	50 500	17^{10}
31	Oberschlesische E.W.	14. XII.	61 500	10^{30}	62 300	14^{30}
32	E.W. Mark, Hagen i. W.	.	64 000	8^{00}	59 000	17^{00}
33	Stuttgart; Stadt	20. XII.	51 600	8^{00}	60 400	17^{00}
34	München; Stadt	18. XII.	46 400	8^{05}	63 800	17^{00}
35	Kraftwerk Fortuna, Köln	14. XII.	79 000	8^{10}	83 500	17^{10}
36	Märkisches E.W., Berlin	18. XII.	106 000	8^{00}	119 700	17^{00}
37	Hamburg; Stadt	20. XII.	108 000	8^{05}	122 600	17^{00}
38	VEW Dortmund	18. XII.	146 500	8^{00}	156 300	17^{00}
39	Bayernwerk, München	18. XII.	145 500	7^{30}	159 500	17^{00}
40	BEWAG, Berlin	18. XII.	343 000	8^{00}	452 900	16^{35}
	Summe		1 797 750		2 070 400	

Zu den Kurven sind einige grundsätzliche Erläuterungen am Platze.

1. Die Bedeutung der Tagesbelastungskurve am Tage der Jahreshöchstbelastung ergibt sich für jedes stromliefernde Werk wie für jedes Netz daraus, daß alle Betriebseinrichtungen in der Lage sein müssen, die wenn auch nur kurzzeitig auftretende Höchstbelastung mit Sicherheit zu decken. Die Jahreshöchstbelastung stellt also i. a. das ausschlaggebende Kriterium für die Bemessung der Leistungsfähigkeit aller Betriebseinrichtungen dar.

2. Die hier behandelten Kurven können im wesentlichen als typische Kurven angesehen werden, d. h. ihre Form ist jeweils für ganze Reihen von Werken charakteristisch. So sind z. B. unter den ausgewerteten Kurven 21, die von rein oder stark überwiegend städtischen Werken stammen, Groß-Berlin eingerechnet. Die Einwohnerzahl der Städte, denen diese Werke gehören, beträgt rd. 11,2 Millionen, die zugehörige abendliche Höchstbelastung rd. 1,090 Mill kW. Da bei allen städtischen Stromversorgungen ein besonders starker Einfluß des Lichtstromes auf den Kurvenverlauf gegeben ist, darf man erfahrungsgemäß annehmen, daß der Verlauf aller Kurven fast ausnahmslos eine sehr weitgehende Übereinstimmung in seiner charakteristischen Form zeigt. Infolgedessen dürfte eine Verallgemeinerung für den weitaus größten Teil der städtischen Stromnetze keine Bedenken haben.

In Deutschland gibt es:

44	Großstädte mit mehr als 100 000 Einwohnern, mit insgesamt	16,859 Mill Einw.
216	Mittelstädte mit 20 000 ... 100 000 Einwohnern, mit insgesamt	8,532 „ „
920	Kleinstädte mit 5000 ... 20 000 Einwohnern, mit insgesamt	8,196 „ „
1180	Städte mit	33,587 Mill Einw.

Eine Verallgemeinerung der Ergebnisse der Auswertung der in der Zusammenstellung aufgeführten Spitzenbelastungen für 21 Städte mit rd. 11,2 Mill Einwohnern kann also ohne große Bedenken auch für etwa die gesamte in Städten mit mehr als 5000 Einwohnern wohnende Bevölkerung Deutschlands als in den Folgerungen zutreffend angesehen werden. Für diese, mit einer gesamten Einwohnerzahl von 33,5 Mill Einwohnern, ist die Summe der abendlichen Spitzenbelastungen für 1928 nach Überschlagsrechnungen an Hand der Statistik der VDEW auf rd. 2,5 Mill kW zu veranschlagen.

3. Um bei unseren Kurven eine bestimmte Zeitnorm für den Begriff der Höchstbelastung festzusetzen, ist nach dem Vorbilde der Statistik der VDEW eine mindestens viertelstündige Dauer der in Betracht kommenden Belastung angenommen.

4. Die Kurven beziehen sich auf hochbelastete Werktage; der Sonnabend zählt in der Regel nicht dazu.

Aus einer vergleichenden Betrachtung zahlreicher Kurven verschiedener Herkunft ergeben sich die grundsätzlichen Erkenntnisse:

a) bei dem Zusammenschluß zweier Werke tritt ein Ausgleich der Belastungen um so weniger ein, je mehr Übereinstimmung in der Form des Ablaufes der Belastung vorhanden ist und je mehr die Zeitpunkte des Auftretens der gleichartigen Belastungsspitzen bei den verschiedenen Werken sich nähern oder gar überdecken,

b) der Ausgleich ist um so weniger von wirtschaftlicher Bedeutung, je weniger sich die Morgen- und Abendspitzen über der sonstigen Tages- und Nachtbelastung erheben.

2. Feststellungen aus der Summierung von Höchstbelastungskurven.

Die Abb. 1 ... 20 zeigen einige charakteristische Kurven deutscher Werke mit Zahlenangaben für die zugehörigen Strommengen sowie die Tagesbenutzungsdauern des Maximums. Schon eine flüchtige vergleichende Betrachtung läßt erkennen, daß eine weitgehende Ähnlichkeit des Charakters aller Kurven in bezug auf den periodischen Ablauf der Belastung in Abhängigkeit von den Tagesstunden besteht. Diese Ähnlichkeit äußert sich bei sämtlichen Kurven vor allem durch das Auftreten je einer Belastungsspitze am Morgen und in den Abendstunden sowie in einer starken Belastungsabsenkung in den Nachtstunden. Die Zeitpunkte des Auftretens der beiden Tagesspitzen zeigen beim Vergleich aller Kurven eine weitgehende Übereinstimmung; dabei ist festzustellen, daß im großen Durchschnitt die Abendspitze etwas höher ist als die Morgenspitze.

Es erscheint angebracht, an dieser Stelle eine kurze Erörterung den Aussichten der häufig — insbesondere bei der Aufzählung der Vorzüge der Großkraftwirtschaft — hervorgehobenen besseren „Durchmischung des Stromabsatzes" zu widmen.

Ich habe schon oben erwähnt, daß es zweifelhaft ist, ob man die Erfahrungen sehr erfolgreicher Auswirkungen der Zusammenschlüsse kleiner Netze ohne Einschränkung auch auf den Zusammenschluß großer Netze übertragen darf. Daß eine derartige Übertragung nicht ohne weiteres statthaft ist, geht aus nachstehenden Überlegungen hervor.

Bei kleinen und nahe benachbarten Unternehmungen können starke Unterschiede in der Art der Stromverwendung wie auch in dem tageszeitlichen und in dem jahreszeitlichen Verlauf des Strombedarfes auftreten und ganz verschieden geartete Belastungskurven zur Folge haben. In bezug auf den Jahresverlauf ist insbesondere auf den Unterschied zwischen rein städtischen und rein oder überwiegend landwirtschaftlichen Versorgungen hinzuweisen. Die Erfahrung lehrte, daß eine Zusammenfassung der beiden Arten von Stromversorgungsnetzen, die häufig ohne große Kosten möglich war, in der Regel eine Verbesserung der bisher beiderseits schlechten Jahresbenutzungsdauern zur Folge hatte. Der Grund ist leicht zu erkennen.

Die Landwirtschaft, die in ihrer jahreszeitlichen Betriebsweise in starker Abhängigkeit von der Ernte steht, beansprucht die Stromnetze in besonderem Maße anders als der Durchschnitt der anderen hauptsächlichen Verbrauchergruppen; zudem ist ihre Jahresbenutzungsdauer ungünstig gering. Ein Zusammenschluß eines solchen Netzes etwa mit einem kleinen städtischen, also zweier Netze mit geringer Benutzungsdauer und stark ausgeprägten Höchstbelastungen, die jahreszeitlich nicht übereinstimmen, mußte in der Regel die Jahresbenutzungsdauer

Abb. 1. Worms, EW. Rheinhessen.

Abb. 2. EW. Braunschweig.

Abb. 3. Städt. EW. Danzig.

Abb. 4. Städt. EW. Kassel.

Abb. 5. Städt. EW. Königsberg.

Abb. 6. Städt. EW. Mainz.

Abb. 7. Städt. EW. Hannover.

Abb. 8. Kraftwerk Wehrden, Saargebiet.

Abb. 9. EW. Bremen.

Abb. 10. Pfalzwerke AG., Ludwigshafen a. Rh.

Abb. 11. Großkraftwerk Stettin AG.

Abb. 12. Städt. EW. Breslau.

Abb. 13. Städt. EW. Düsseldorf.

Abb. 14. Großkraftwerk Mannheim AG.

naturgemäß verbessern. Für den Durchschnitt der großen Netze aber kann der Einfluß der landwirtschaftlichen Stromversorgung schon aus dem Grunde sich nicht mehr in derselben Weise auswirken, weil der Strombedarf der Werke auch für die nächste Zukunft nur in beschränktem Maße möglich ist.

Um die Ausführungen zu belegen, sollen Erfahrungsbeispiele angeführt werden. Zunächst sei ein günstigster,

Abb. 15. Städt. EW. Leipzig.

Abb. 16. Städt. EW. Stuttgart.

Abb. 17. Städt. EW. München.

Landwirtschaft im Verhältnis zum gesamten Strombedarf zu sehr zurücktritt. Für ganz Deutschland ist er nach amtlicher Feststellung[10] z. B. für das Jahr 1925 zu nur 3 % des Gesamtstromverbrauches ermittelt worden. Andere aber als landwirtschaftliche Stromverwendungszwecke bei bedeutenden Abnehmergruppen, die gleichfalls in der Lage wären, unter den für Deutschland geltenden Lebensverhältnissen großen Werken eine in der Zeitabhängigkeit von der üblichen Form grundsätzlich abweichende und wesentlich verbesserte Belastungskurve zu schaffen, dürften im allgemeinen nicht vorhanden sein.

im übrigen seltener Grenzfall der Höchstbelastungskurve einer Dampfzentrale wiedergegeben. Die Kurve I (Abb. 21) stammt aus einer chemischen Fabrik mit ununterbrochenem Betriebe. Die Jahresbenutzungsdauer der winterlichen Höchstbelastung (10. I. 1929) liegt bei etwa 7500 h. Es ist ersichtlich, daß schon das Hinzutreten einer nur geringen Lichtbelastung genügt, um die üblichen beiden Hauptspitzen ausgeprägt zum Vorschein kommen zu lassen. Weiterhin ist in Abb. 22 durch die Kurve II ein besonders günstiger Grenzfall für ein hochausgenutztes Wasserkraftwerk am Oberrhein vom 20. XII. 1928 wiedergegeben; die Jahresstromabgabe betrug rd. 270 Mill kWh bei einer Benutzungsdauer von 7070 h der Jahreshöchstlast. Diesen beiden Grenzkurven mit denkbar gut ausgeglichenem Verlaufe sei in Abb. 23 mit Kurve III eine Kurve des Kraftwerks Fortuna bei Köln gegenübergestellt, das bekanntlich den größten Teil des Strombedarfs der Stadt Köln deckt. Der Kurve entspricht eine

Abb. 18. Kommunales Elektrizitätswerk Mark AG., Hagen.

Abb. 19. Hamburgische Electricitäts-Werke AG.

Abb. 20. Vereinigte Elektrizitätswerke Westfalen G. m. b. H., Dortmund.

Die für den Durchschnitt der deutschen Elektrizitätswerke in Betracht kommende Tagesbelastung ohne den Lichtstrom verläuft außerhalb der eigentlichen Nachtstunden im üblichen Kurvenbilde im großen ganzen während aller Werktage des Jahres etwa in der Grundform eines auf der Abszissenachse als Grundlinie errichteten, oben schmäleren Paralleltrapezes. In den Tagesbelastungskurven treten nun die regelmäßigen Belastungspitzen am Morgen und am Abend in der Abhängigkeit von den Jahreszeiten so lange auf, als die Lichtstromabgabe sich über die übrige durchschnittliche Belastung in den Tagesstunden überlagert. Bei wohl allen Belastungskurven der großen deutschen Werke bestehen die ausschlaggebenden Unterschiede in der Regel lediglich in der relativen Höhe der Lichtspitzen gegenüber der mittleren Belastung während 24 h. Die in den verschiedenen Netzen gegebene Mischung der verschiedenen Verwendungszwecke des Stromes kann starke graduelle und zeitliche Verschiedenheiten aufweisen; diese äußern sich aber in den Winterbelastungskurven nur dadurch, daß der Einfluß des Lichtstromes mehr oder weniger stark zur Geltung kommt. Für die Wirkung des Zusammenschlusses ist infolgedessen von entscheidender Bedeutung, daß die durch den Lichtstrombedarf bedingten Belastungspitzen in bezug auf die Zeitabhängigkeit keine großen Spielräume bieten. Da ferner unter den gegenwärtigen Verhältnissen kaum eine Möglichkeit besteht, den vorherrschenden Einfluß des Lichtstromes auf den Belastungsverlauf zu beseitigen, ist weiterhin zu folgern, daß eine allgemeine Verbesserung der Belastungskurven für die Gesamtheit der deutschen

Abb. 21. I. Dampfkraftwerk einer chemischen Fabrik.

Abb. 22. II. Wasserkraftwerk am Oberrhein.

[10] Wirtsch. u. Stat. Bd. 7, S. 495 (1927).

Jahreserzeugung von 320 Mill kWh bei 3700 Benutzungstunden. Die Summation dieser d r e i Kurven ergibt die in Abb. 24 wiedergegebene Gesamtkurve. Diese zeigt wiederum das gewöhnliche Kurvenbild mit stark ausgeprägten Spitzen in den üblichen Morgen- und Abendstunden. Die Gesamtsumme der Jahresstromerzeugung (+ Bezug) beträgt dabei rd. 690 Mill kWh, die resultierende Jahreshöchstlast 130 000 kW und die Jahresbenutzungsdauer 5300 h.

Weiterhin wurde die Frage untersucht, ob die Verschiedenheit der g e o g r a p h i s c h e n L a g e der Werke, insbesondere in der Ost-West-Richtung, eine wesentliche Änderung des charakteristischen Gesamtverlaufes bewirken kann. Um hierbei von möglichst breiter Grundlage auszugehen, wurden Summierungskurven nicht nur für deutsche, sondern auch für ausländische Werke in charakteristischen geographischen Lagen aufgestellt. Es ergab sich, daß auch diese Kurvenzusammenlegungen keine grundsätzliche Änderung des Charakters der Summenkurven zur Folge haben und daß ferner für Deutschland die Zeitverschiebungen zwischen den einzelnen Spitzen nicht so erheblich sind, daß eine starke Verflachung der Summenspitze eintritt. Wegen des umfangreichen Materials sollen diese Summierungen hier übergangen und einer besonderen Veröffentlichung vorbehalten werden.

Nach diesen grundsätzlichen Feststellungen genügt es also durchaus, wenn für die weiteren Ermittlungen nur die Werte der Morgen- und der Abendspitzen zugrunde gelegt werden. Bei den in der Zahlentafel 1 berücksichtigten Kurven führt die rechnerische Behandlung zu folgenden Feststellungen:

In der Zahlentafel sind als charakteristische Werte zusammengestellt: 1. das Datum, 2. die absoluten Werte in Kilowatt der Morgen- bzw. Abendspitze, 3. die zu 2. gehörigen Uhrzeiten. Die einfache Addition ergibt als Summenwerte der Morgenspitzen 1 797 750 kW, als Summe der Abendspitzen 2 070 400 kW. Erstgenannte Summe liegt mit 13 % unter der zweiten; die Abendspitze stellt also den maßgebenden Wert dar, und wir müssen sie weiterhin der Betrachtung zugrunde legen.

Die Zeit des Auftretens der Abendspitze schwankt bei den verschiedenen Werken mit e i n e r Ausnahme zwischen etwa 16 h 30 m und 17 h 30 m. Es zeigt sich damit schon, daß der in Betracht kommende Spielraum nur etwa ± ½ h beträgt, also nicht sehr groß ist. Bei den meisten der angegebenen Werke, nämlich bei 23, tritt die Abendspitze um 17 h ein, bei einem Werk um 14 h 30 m und bei den übrigen 16 Werken zwischen 16 h 30 m und 17 h 30 m.

Für den angenommenen Fall des Zusammenschlusses aller aufgeführten Werke wäre bei sehr genauer Rechnung die Summenkurve der Spitzenbelastung zu ermitteln; nach den vorhergehenden Ausführungen genügt aber die angenäherte Ermittlung der Zeit und der Höhe der Summe der höchsten Abendspitzen. Da mit großer Wahrscheinlichkeit anzunehmen ist, daß sie gegen 17 h eintritt, sei der Einfachheit halber mit dieser Annahme gerechnet. Interessant ist die zeitliche Übereinstimmung mit der Voigtschen Summierungskurve für 1913.

Bei den 23 Werken, deren Spitze zu dieser Zeit auftritt, sind also die Höchstbelastungen in Kilowatt zu addieren. Bei den 17 Werken mit abweichenden Zeitpunkten muß man aus den einzelnen Kurven ermitteln, um wieviel Kilowatt die Belastung um 17 h niedriger liegt als zur Zeit des tatsächlichen Maximums. Für diese 17 Werke sind die Werte in der Zahlentafel 2 zusammengestellt. Die Summe der Absenkungs-, also der Abzugsbeträge ergibt sich zu 31 100 kW. Dieser Betrag stellt die gesuchte gesamte Erniedrigung der im Kupplungsfalle zu erwartenden Gesamtspitze gegenüber der Summierung aller Abendspitzen dar. Wir können also auf Grund des vorgelegten Erfahrungsmaterials folgern:

Ein Zusammenschluß der in der Zahlentafel 1 zusammengestellten 40 Werke würde eine Erniedrigung der Summenspitze zur Folge haben, die in der Größenordnung von rd. 31 000 kW liegt, bei einer arithmetischen Summe

Abb. 23. III. Dampfkraftwerk im Rhein. Braunkohlengebiet.

Abb. 24. IV. Zusammenfassung der Belastungskurven I + II + III.

Abb. 25. Tagesbelastungskurve des Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerks.

Abb. 26. Tagesbelastungskurve der Kraftwerke der Reichselektrowerke.

Abb. 27. Summenlastkurve sämtlicher Elektrizitätswerke Württembergs und Hohenzollerns.

Zahlentafel 2. Zusammenstellung der Minderbelastungen um 17 h gegenüber der Höchstlast bei 17 Elektrizitätswerken.

Nr.	Werk	Höhe der Abendhöchstlast		Minderbelastung um 17 h
		kW	Uhr	kW
1	Danzig; Stadt	12 700	16^{30}	500
2	Königsberg; Stadt	16 800	—	200
3	Mannheim; Stadt	19 000	—	300
4	BEWAG, Berlin	452 900	16^{25}	12 000
5	Ludwigshafen a. Rh.; Stadt	8 800	16^{45}	100
6	Magdeburg; Stadt	22 800	—	500
7	Mainz; Stadt	18 000	17^{10}	400
8	Frankfurt a. M.; Stadt	45 500	—	1 900
9	Leipzig; Stadt	50 500	—	300
10	Kraftwerk Fortuna, Köln	83 500	—	3 500
11	E.W. Rheinhessen	8 150	17^{30}	200
12	Kraftwerk Rheinau, Mannheim	9 600	—	300
13	Kraftwerk Wehrden (Saargeb.)	25 500	—	100
14	Pfalzwerke AG., Ludwigshafen	31 000	—	1 000
15	Badenwerk, Karlsruhe	39 300	—	400
16	Oberschwäb. E.W., Biberach	29 600	17^{25}	600
17	Oberschlesische E.W.	62 300	14^{30}	8 800
	Summe	935 950		31 100

der Abendspitzen von 2 070 000 kW. Die Erniedrigung infolge des Zusammenschlusses macht also etwa 1,5 % der Summe aus. Das ist ein Betrag, der praktisch keine Rolle spielt.

Um im Interesse der Sicherheit des Urteils auch hier die Grundlage so breit wie möglich zu gestalten, soll dieses exakte Zahlenmaterial noch nach Möglichkeit aus weiteren, der Öffentlichkeit zugänglichen Angaben unter Zuhilfenahme von Schätzungswerten ergänzt werden.

a) In einer Veröffentlichung von Direktor Koepchen[11] ist eine typische Winterbelastungskurve des RWE aus dem Winter 1929/30 angeführt, allerdings nur mit Prozentualwerten für die Belastungshöhe und ohne Datumsangabe; immerhin kann der Zeitpunkt des Auftretens der Abendspitze mit etwa 17 h entnommen werden. Nach dieser Kurve wird man für die Spitze im Dezember 1928 ungefähr denselben Zeitpunkt annehmen dürfen. Der seitens des RWE nicht bekanntgegebene Wert der abendlichen Höchstbelastung sei für 1928 schätzungsweise und abgerundet mit 400 000 kW angenommen (Abb. 25).

b) In einer Propagandaschrift der Elektrowerke AG., Berlin, für die zweite Weltkraftkonferenz ist eine typische Winterbelastungskurve dieses Unternehmens, ebenfalls für 1929/30, bekanntgegeben (Abb. 26). Die Abendspitze liegt auch hier um 17 h, wir wollen also für 1928 mit etwa demselben Zeitpunkt für das Maximum rechnen. Die absolute Höhe sei mit 330 000 kW angenommen (in der Statistik der VDEW ist das Jahresmaximum für 1928 mit 358 000 kW angegeben).

c) Für alle Elektrizitätswerke des Landes Württemberg wird seitens des Württembergischen Bezirksverbandes der Elektrizitätswerke seit Jahren regelmäßig alljährlich eine Summenkurve für den Tag der Höchstbelastung aufgestellt. Die Kurve für Dienstag, den 11. XII. 1928, (Abb. 27) zeigt den üblichen Kurvenverlauf mit einer Abendspitze von 195 000 kW um 17 h. Wollen wir diese Summenkurve mitverwerten, so müssen wir aus der Zahlentafel 1 für die Werke Stuttgart und Biberach die angegebenen Höchstbelastungen in Abzug bringen. Es verbleiben dann 195 000 — 90 000 = 105 000 kW.

d) Die auf der Aachener Hauptversammlung von Rob. Frank im Verlaufe seines Vortrages im Lichtbild vorgeführte Belastungskurve der Preußischen Kraftwerke Oberweser AG. zeigte den üblichen Kurvenverlauf mit einer Abendspitze von etwa 78 000 kW um etwa 17 h 30 m.

Die Summierung der angegebenen Spitzenbeträge ergibt in runder Summe 900 000 kW. Die geringen zeitlichen Abweichungen zwischen den Abendspitzen dieser Kurven lassen ohne weiteres erkennen, daß auch bei dieser Leistungssumme die gesamte Erniedrigung den vorher errechneten Wert von 1,5 % nicht so wesentlich überschreiten dürfte, daß das Endergebnis für die Gesamtheit der deutschen Werke geändert wird. Zählt man diese 900 000 kW zu der oben errechneten Summe von 2 070 400 kW hinzu, so ergibt sich eine Höchstlastsumme von rd. 3 Mill kW um 17 h.

Man muß nun weiter berücksichtigen, daß nach dem oben Ausgeführten eine Höchstlastsumme von 1,1 Mill kW bei den in der Zahlentafel 1 enthaltenen städtischen Werken charakteristisch ist für etwa 2,5 Mill kW Höchstlast. Für die Gesamtheit aller Belastungskurven darf man also ohne große Unsicherheiten folgern, daß die Erniedrigung infolge des angenommenen Zusammenschlusses aller deutschen Werke nicht höher als mit rd. 1,5% der gesamten Höchstbelastung zu veranschlagen ist. Unbeachtet bleibt dabei, daß mit unserer Näherungsmethode noch nicht einmal mit Sicherheit der höchste Punkt der Summenkurve erfaßt ist.

Der damit errechnete Absenkungsbetrag ist so niedrig, daß er praktisch und für die Wirtschaftlichkeitsrechnung keine Berücksichtigung verdient; denn es ist schon überhaupt unmöglich, die in Betracht kommenden Grenzwerte auf einen so geringen Prozentsatz genau durch Messung zu erfassen. Allerdings muß die Annahme, unter der er errechnet wurde, noch eine Berichtigung bzw. Ergänzung in bezug auf einen zweiten Gesichtspunkt erfahren.

(Schluß folgt.)

[11] Das RWE in der deutschen Elektrizitätswirtschaft, Herausg. v. Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerk AG., Essen. Vgl. ETZ 1930, S. 1692.

Die Elektroschau auf der 37. Wanderausstellung der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft.

Die traditionelle Elektroschau auf der D. L. G.-Ausstellung ist in diesem Jahre von der Preußischen Elektrizitäts-Aktiengesellschaft gemeinsam mit ihren Tochtergesellschaften Hannover-Braunschweigische Stromversorgungs-AG., Hannover, Nienburger Stromversorgungs-AG., Nienburg, Stromversorgungs-AG. Oldenburg-Ostfriesland, Oldenburg, und Nordwestdeutsche Kraftwerke AG., Hamburg, vom 2. bis 9. VI. d. J. in Hannover veranstaltet worden. Eine fast 600 m² umfassende Halle gab in zwei Abteilungen einen guten Überblick über die Bedeutung der Elektrizität für die Landwirtschaft. In einem hohen, architektonisch recht geschickt behandelten Raum waren an Hand eines reichen Bild- und statistischen Materials der Umfang und die wirtschaftliche Stellung der Preag und ihrer Tochtergesellschaften überzeugend dargestellt. Der Hauptteil der Schau war aber den verschiedenen Anwendungsgebieten der Elektrizität gewidmet. In kleinen Kojen wurde die Elektrizität in der Molkerei, Waschküche, im Bäcker- und Fleischergewerbe gezeigt, ferner elektrische Herde, Brutapparate usw. Beachtenswert ist vor allem der Werbewagen der Hannover-Braunschweigischen Stromversorgungs-Aktien-Gesellschaft, in dem sich eine vollständige elektrische Küche in betriebsfähigem Zustande befindet. An der Außenseite sind in Schaufenstern alle wichtigen in der Küche und im Haushalt angewandten elektrischen Apparate ausgestellt.

Aber auch außerhalb der eigentlichen Elektroschau war die Elektrotechnik verschiedentlich vertreten. Die Ausstellung des Molkereimaschinenverbandes zeigte, daß auch auf diesem Gebiet der elektrische Einzelantrieb das Feld erobert. Die überwiegende Mehrzahl aller Molkereimaschinen wurde mit konstruktiv recht geschickt gelöstem Einzelantrieb vorgeführt. Auch die für bäuerliche Betriebe bestimmten kleineren Milchzentrifugen und Butterfässer haben fast ausschließlich elektrischen Antrieb. Als beachtenswerte Neuheit ist schließlich zu erwähnen, daß die seit kurzem auf dem Markt befindlichen Hawig-Schwimmpumpen[1] nunmehr auch für größere Leistung (bisher nur 5,5 m³/h Wasserleistung bei 600 W Anschlußwert) gebaut werden. Die Schwimmpumpe wird dann im Gegensatz zu der kleineren Type mit einem Drehstrom-Kurzschlußankermotor mit außen rotierendem Rotor betrieben (1200 W Anschlußwert). Die Pumpe (Abb. 1) leistet bei einer Drehzahl von n = 2800 U/min 18 m³/h, der maximale Druck beträgt 2,2 atü. Bei einem Nettogewicht von nur 29 kg erweist sie sich als recht leistungsfähig und vielseitig verwendbar. *Mö.*

Abb. 1. Schwimmpumpe.

[1] Vgl. ETZ 1931, S. 694.

Die Nutenharmonischen von Drehstromgeneratoren mit Bruchlochwicklung.

Von Prof. **F. Punga**, Darmstadt.

Übersicht. Es wird eine sehr einfache Formel für die Berechnung der Nutenharmonischen entwickelt, wodurch die Anwendung auf Bruchlochwicklung wesentlich erleichtert wird. Zunächst wird noch — wie bisher üblich — die Annahme gemacht, daß sich die Kraftlinienverteilung unter einem Zahne durch ein Rechteck von bestimmter Breite darstellen lasse; dann wird aber gezeigt, daß diese Annahme besonders bei der 2. und höheren Nutenharmonischen nicht gestattet ist.

Die Benutzung offener Nuten erleichtert die Herstellung und die Reparatur der Wicklung eines Drehstromgenerators wesentlich, doch sind hierbei einige Vorsichtsmaßregeln zu beachten, die die Bemessung des Generators beeinflussen. Lamellierte Polschuhe oder Polschuhe mit eingedrehten dünnen Nuten oder ein sehr großes Verhältnis von Luftspalt zu Nutenbreite sind erforderlich, um die Verluste auf der Polschuhoberfläche innerhalb zulässiger Grenzen zu halten, ebenso sind besondere Wicklungen erforderlich, um die Spannungskurven möglichst sinusförmig zu gestalten. Auf diese Wicklungen hatte ich im Jahre 1908[1] zuerst hingewiesen; sie sind inzwischen noch von Seidler und Richter näher untersucht worden. Das Wesentliche dieser Wicklungen ist eine Abweichung der Nuten je Phase und je Pol von einer ganzen Zahl, daher werden sie auch Bruchlochwicklungen genannt.

Die Berechnung der Nutenharmonischen für normale Wicklungen ist schon von Rüdenberg[2] und Richter[3] und die für Bruchlochwicklungen von Mandl[4] und Schilling[5] behandelt worden, aber die schwierigen Doppelintegrale, die in den ersten beiden Arbeiten aufgestellt werden, erschweren die Übersicht, wenn irgendein besonderer Fall, der aus dem Normalen herausfällt, berechnet werden soll. Die Einführung der Jochspannung von Mandl ist ein geistreicher Behelf.

Im folgenden soll gezeigt werden erstens, daß die Einführung des Zahnkraftflusses eine überraschend einfache Lösung auch schwieriger Probleme gestattet, und zweitens, daß die von allen Verfassern gemachten Annahmen über die rechteckige Verteilung des Kraftlinienflusses unter einer Nutenteilung keine richtigen Ergebnisse liefern.

Wir denken uns um jeden Zahn eines Drehstromgenerators eine Spule mit z Windungen gewickelt, dann wird in dieser Spule bei gleichmäßiger Rotation des Feldsystems eine EMK E' erzeugt, die sich in die Harmonischen E_1', E_3', E_5' usw. auflösen läßt[6]. In Wirklichkeit wird aber eine Spule q' Zähne umfassen und q solcher Spulen sind in einer Phase enthalten. Offenbar haben wir zunächst eine geometrische Addition von q' EMKen E' und nachher eine geometrische Addition der EMKe von q Spulen vorzunehmen.

Unter Benutzung des bekannten Wickelfaktors

$$f_{w\lambda} = \frac{\sin\left(q\,\lambda\,\frac{\alpha}{2}\right)}{q \sin \lambda\,\frac{\alpha}{2}}$$

für die λ. Harmonische (wo α den elektrischen Winkel zwischen zwei Nuten darstellt) erhalten wir also als Endresultat:

$$E = \sum_{\lambda=1}^{\lambda=\infty} q\,q'\,f_{w\lambda}\,f_{w\lambda}'\,E_\lambda'. \tag{1}$$

Es läßt sich nun zeigen, daß dieser Ausdruck für geschlossene Nuten zu der bekannten Spannungsformel führt.

Der Zahnfluß enthalte die Harmonischen Φ_1', Φ_3' usw., dann ist:

$$E_\lambda' = 4{,}44\,\lambda\,f\,z\,\Phi_\lambda' \cdot 10^{-8}.$$

Φ_λ' ist aber nur ein Teil der in der wirklichen Kraftlinienverteilung enthaltenen λ. Harmonischen, die wir mit Φ_λ bezeichnen wollen, denn der Zahn schneidet nur ein der Nutenteilung entsprechendes Stück heraus. Aus Abb. 1 ersehen wir, daß vom Zahne die schraffierte Fläche $CC'D'D$ übernommen wird, und daß diese Fläche proportional $\Phi_\lambda \sin\gamma$ ist[7], wenn der Inhalt der gesamten Sinusfläche gleich Φ_λ und $\gamma = \lambda\,\alpha/2$ gesetzt wird.

Dies ergibt:

$$E_\lambda' = 4{,}44\,\lambda\,f\,z \sin\gamma\,\Phi_\lambda' \cdot 10^{-8}$$

und

$$E_\lambda = 4{,}44\,\lambda\,f\,q\,z\,\frac{\sin(q\,\gamma)}{q \sin\gamma}\,\Phi_\lambda \sin\gamma\,\frac{q' \sin(q'\,\gamma) \cdot 10^{-8}}{q' \sin\gamma}$$

$$= 4{,}44\,\lambda\,f\,q\,z\,\frac{\sin(q\,\gamma)}{q \sin\gamma}\,\sin(q'\,\gamma)\,\Phi_\lambda \cdot 10^{-8}. \tag{2}$$

Dies ist aber die normale Gleichung für Maschinen mit geschlossenen Nuten, denn $q\,z$ ist die effektive Windungszahl jeder Phase, und $\frac{\sin(q\,\gamma)}{q \sin\gamma}$ stellt den Wickelfaktor für Maschinen mit vollem Wickelschritt dar, während $\sin(q'\,\gamma)$ die etwaige Verkürzung des Wickelschrittes berücksichtigt.

Abb. 1. Zerlegung des Zahnflusses in seine Harmonischen.

Abb. 2. Kraftlinienverteilung unter einer offenen Nut.

Bei offenen Nuten tritt eine Veränderung der Kraftlinienverteilung nach Abb. 2 ein. Wir wollen zunächst den schon erwähnten Verfassern folgen und die vereinfachende Annahme machen, daß der Kraftlinienfluß durch ein Rechteck gleichen Inhaltes dargestellt werde, dessen Abszisse $\tau_n - y\,b_s$ ist, wo y der Kuttasche Faktor ist. Es sei nun $g = \frac{\tau_n}{\tau_n - y\,b_s}$ das Verhältnis der Nutenteilung zu der verkürzten Nutenteilung.

Offenbar ist jetzt

$$\Phi_\lambda' = g \sin\frac{\gamma}{g}\,\Phi_\lambda$$

einzusetzen, denn γ/g ist jetzt die verkürzte Breite der zu einem Zahne fließenden Kraftlinien, und der Faktor g ist notwendig, weil der Inhalt des Rechtecks der gleiche sein soll wie der Inhalt der Fläche in der wirklichen Kraftlinienverteilung.

Gegenüber der Spannung bei geschlossenen Nuten tritt also noch der Faktor $\frac{g \sin\frac{\gamma}{g}}{\sin\gamma}$ hinzu, so daß der Wickelfaktor für offene Nuten

$$f_{wo} = f_{wg}\,\frac{g \sin\frac{\gamma}{g}}{\sin\gamma} \tag{3}$$

wird, wo

$$f_{wg} = \frac{\sin(q\,\gamma)}{q \sin\gamma}\,\sin(q'\,\gamma)$$

der Wickelfaktor für geschlossene Nuten ist.

Im folgenden sollen einige Beispiele die Anwendung auf gewöhnliche Wicklungen zeigen. In der Zahlentafel 1

---

[1] ETZ 1908, S. 118.

[2] El. u. Maschinenb. Bd. 25, S. 599 (1907). Rüdenberg kommt in dieser im übrigen sehr wertvollen Arbeit zu dem Ergebnis, daß man beim Bau von Gleichstrommaschinen vor allen Dingen ungerade Nutenzahlen für 1 Polpaar vermeiden müsse. Dies ist meines Erachtens ein Trugschluß. In der heutigen Praxis werden gerade diese Nutenzahlen als die günstigsten angesehen.

[3] Ankerwicklungen f. Gleich- u. Wechselstrommasch., Verlag Julius Springer, Berlin.

[4] El. u. Maschinenb. Bd. 44, S. 325 (1926).

[5] Arch. El. Bd. 20, S. 264.

[6] Wenn Nord- und Südpole gleiche Abmessungen und gleiche magnetische Eigenschaften besitzen, so werden die Harmonischen gerader Ordnung herausfallen.

[7] Die Entfernung $C'D'$ beträgt α el. Grad. Bezogen auf die λ. Harmonische ist aber $\lambda\,\alpha$ Grad einzuführen und für die halbe Strecke $\gamma = \lambda\,\alpha/2$.

Zahlentafel 1.
$q = 3$.

Ordnungszahl der Harmonischen	f_{wg}	f_{wo}	f_{wgl}
1	0,96	0,96	0,955
5	0,217	0,225	0,19
17	0,96	3,6	0,056
19	0,96	1,78	0,05

sind die Wicklungsfaktoren für geschlossene und offene Nuten eines Drehstromgenerators mit $q = 3$, $q' = 9$ (also voller Wickelschritt) angegeben. In der letzten Spalte ist auch noch der Wickelfaktor bei glattem Anker angegeben. Letzteren erhält man, indem man zu unendlich viel Nuten je Phase und je Pol übergeht.

Für offene Nuten soll ein in der Praxis vorkommender, aber schon als ungünstig angesehener Fall: Nutenbreite = Zahnbreite = 2 · Luftspalt in Polmitte ($b_n = b_z = 2\,\delta$) angenommen werden, wofür

$$y = 0{,}28 \quad \text{und} \quad g = \frac{\tau_n}{\tau_n - 0{,}28\, b_n} = 1{,}165.$$

Ferner ist

$$\gamma = \lambda \cdot \frac{60°}{3} \cdot \frac{1}{2} = \lambda \cdot 10°,$$

also

$$f_{wg} = \frac{\sin \lambda \cdot 30°}{3 \sin \lambda \cdot 10°}$$

und

$$f_{wo} = \frac{\sin \lambda \cdot 30°}{3 \sin \lambda \cdot 10°} \cdot \frac{1{,}165 \sin \dfrac{\lambda \cdot 10°}{1{,}165}}{\sin \lambda \cdot 10°},$$

während für den glatten Anker und für die ungeraden, nicht durch 3 teilbaren Ordnungszahlen $f_{wg} = 1/\lambda \cdot 0{,}955$ wird.

Von besonderem Interesse sind die 17. und 19. Harmonische, nämlich diejenigen ungeraden, nicht durch 3 teilbaren Zahlen, die sich in der nächsten Nähe von $6\,q$ befinden.

Die Amplitude der λ. Harmonischen in der Spannungskurve hängt außer von $f_{w\lambda}$ auch noch von B_λ bzw. Φ_λ ab. Wenn wir $B_\lambda/B_1 = \varepsilon_\lambda$ setzen, so wird

$$\frac{\Phi_\lambda}{\Phi_1} = \frac{\varepsilon_\lambda}{\lambda} \quad \text{und} \quad \frac{E_\lambda}{E_1} = \frac{f_{w\lambda}}{f_{w1}}\, \varepsilon_\lambda.$$

In obigem Generator wird also die 17. Harmonische 3,6/0,96 = 3,75- und die 19. Harmonische 1,78/0,96 = 1,86mal stärker in der Spannungskurve als in der Kurve der Kraftlinienverteilung enthalten sein. Sind z. B. die beiden Harmonischen in der letzten Kurve zu 2 % enthalten, so sind sie in der Spannungskurve zu 7,5 % und 3,7 % enthalten, und es kann durch die Übereinanderlagerung die in Abb. 3 gezeichnete Kurve auftreten.

Abb. 3. Verzerrung der Spannungskurve durch Nutenharmonische.

Wenn wir nun zu den Bruchlochwicklungen übergehen, so wird die Gleichung

$$f_{wo} = f_{wg} \frac{g \sin \dfrac{\gamma}{g}}{\sin \gamma}$$

der ganzen Ableitung nach unverändert weiter bestehen, da sie ja nur von der Nutenteilung und Nutenöffnung abhängt, und es wird also nur darauf ankommen, den Wickelfaktor für geschlossene Nuten genau zu berechnen. Die für ganze Zahlen q abgeleitete Formel muß sinngemäß abgeändert werden, weil wir bis hierher angenommen haben, daß das für eine Gruppe zusammengehöriger Spulen geltende Vektorbild sich für alle Pole wiederholt, was aber bei der Bruchlochwicklung nicht der Fall ist.

Abb. 4. Spulenwicklung mit 3½ Nuten je Pol und je Phase.

Abb. 4a. Spulenwicklung mit 3½ Nuten je Pol und je Phase.

Es soll deshalb zunächst eine einfache Ableitung von f_{wg} für diese neue Art von Wicklungen gebracht werden*. Die zu einer Phase gehörenden Nuten (oder bei Zweischichtwicklung „Spulenseiten") haben bei einer bestimmten Stellung des Feldsystems verschiedene Abstände von der Polmitte. Diese Abstände können auf einen einzigen Pol übertragen werden und lassen sofort das äquivalente Vektorbild erkennen. Betrachten wir z. B. den Fall $q = 3^1/_2$ bei einer durch 4 teilbaren Polzahl. Abb. 4 zeigt eine einschichtige Wicklung, auch Spulenwicklung genannt. Für den Zweck der einfachen Berechnung der EMKe ist aber die Anordnung nach Abb. 4a angenommen. Abb. 5

Abb. 5. Stabwicklung mit 3½ Nuten je Pol und je Phase.

zeigt eine zweischichtige Wicklung, auch Stabwicklung genannt; nach je 4 Polen wiederholt sich dasselbe Bild. Insgesamt gehören zu einer Phase und zu 2 Polpaaren 14 Nuten, u. zw. 1 → 4, 11 → 14, 22 → 24, 33 → 35, deren Lage relativ zu Nute 1 in Zahlentafel 2 angegeben ist.

Zahlentafel 2.

Bezeichnung der Nute	Abstand von der Nute 1 in Einheiten von Nutenteilungen, nach Übertragung auf den 1. Pol	Bezeichnung der Nute	Abstand von der Nute 1 in Einheiten von Nutenteilungen, nach Übertragung auf den 1. Pol
1	0	14	+2,5
2	+1	22	0
3	+2	23	+1
4	+3	24	+2
11	—0,5	33	+0,5
12	+0,5	34	+1,5
13	+1,5	35	+2,5

Geordnet erhält man die in Abb. 6 dargestellte Gruppe, in welcher der Abstand zweier benachbarter Punkte $\alpha/2 = 30/7\,°$ ist. Man erkennt, daß sich eine solche Wicklung durch eine zweischichtige Wicklung mit 7 Nuten je

* S. a. Richter, Ankerwicklungen für Gleich- und Wechselstrommaschinen S. 211 u. folgende.

Phase und Pol und einem um eine Nute verkürzten Wickelschritt darstellen läßt, also nach Gl. (2)

$$f_{wg} = \frac{\sin \lambda \cdot 30^\circ}{7 \sin \lambda \cdot \frac{30^\circ}{7}} \sin \left(20 \lambda \cdot \frac{30^\circ}{7}\right),$$

denn es ist

$$q' = 3 \cdot 7 - 1 = 20.$$

Die Untersuchung der in Abb. 5 dargestellten Stabwicklung ergibt bei einem Wickelschritt von 10 Nuten genau das gleiche Vektorbild, also auch den gleichen Wickelfaktor f_{wg}. Zu 2 Polteilungen gehören $6 \cdot 3{,}5 = 21$ Nuten.

Zahlentafel 3.

$q = 3{,}5$.

	f_{wg}	f_{wo}	f_{wgl}
1	0,955	0,955	0,955
5	0,182	0,189	0,191
19	0,0107	0,207	0,05
23	0,0019	0,005	0,0415
41	0,96	6,4	0,023
43	0,96	5,0	0,022

Abb. 6. Ersatzbild für die Spulen- und Stabwicklung mit $q = 3\frac{1}{2}$.

Abb. 7. Spulenwicklung mit $q = 3{,}2$ in symbolischer Darstellung.

Durch 3 teilbare Ordnungszahlen von Harmonischen erzeugen in den in Stern geschalteten Wicklungen keine verketteten EMKe, können also vernachlässigt werden. Die benachbarten nicht durch 3 teilbaren Ordnungszahlen sind 19 und 23. Jetzt haben aber auch die in der Nähe von 12 q, also die Ordnungszahlen 41 und 43, besonderes Interesse.

Die Zahlentafel 3 enthält das Ergebnis der Berechnungen. Offenbar ist $\gamma = \lambda \cdot \frac{60^\circ}{2 \cdot 3{,}5}$. Es werde wieder $b_n = b_x = 2\,\delta$, also $g = 1{,}165$ angenommen.

Obgleich ε_n für hohe Ordnungszahlen klein wird, so würde nach dieser Zahlentafel doch mit der Möglichkeit von Oberwellen der 41. und 43. Ordnung zu rechnen sein. Es wird aber später gezeigt werden, daß in Wirklichkeit f_{wo} für $\lambda = 41$ und 43 nicht größer als f_{wg} ist.

Es soll nun ein 10poliger Generator betrachtet werden, für den trotz Benutzung offener Nuten eine sehr gute Kurvenform garantiert worden ist. Die Nutenzahl je Phase und je Pol liege zwischen 3 und 4. Es sollen die Zahlen 3,2, 3,4, 3,6 und 3,8 untersucht werden, u. zw. sowohl für Spulen- als auch für Stabwicklung. Für $q = 3{,}2$ gehen wir am besten von einer normalen Spulenwicklung mit $q = 3$ aus und verlegen jetzt noch 3 zusätzliche Spulen, die am Umfang gleichmäßig verteilt sind. Da die Polzahl nicht durch 3 teilbar ist, so entfällt auf jede Phase je eine zusätzliche Spule.

Abb. 8. Ersatzbild für die äußerste Spule der Phase I der Spulenwicklung mit $q = 3{,}2$.

Abb. 9. Gesamtersatzbild für Phase I der Spulenwicklung mit $q = 3{,}2$.

Abb. 10. Spulenwicklung mit $q = 3{,}4$ in symbolischer Darstellung.

Abb. 11. Symbolische Darstellung der jeweils oberen Schicht von Stabwicklungen mit $q = 3{,}2$, 3,4, 3,6 und 3,8.

Die erste horizontale Reihe der Abb. 7 zeigt diese Verteilung, wobei die Spulengruppen mit zusätzlichen Spulen stärker gezeichnet sind. Die Abstände der zu einer Phase gehörenden Nuten von der nächsten Polmitte lassen sich in einfachster Weise dadurch bestimmen, daß man für jede Spulengruppe die Änderung der Lage gegenüber der symmetrischen Lage bestimmt. Da abwechselnd 3 und 4 Nuten zu einer Gruppe gehören, zu der eigentlich nur 3,2 Nuten gehören sollten, so ergibt sich also für die Lage der äußersten Nut einer Gruppe eine Abweichung von — 0,2 bzw. + 0,8 Nuten gegenüber der äußersten Nut der vorhergehenden Gruppe, u. zw. $+ 0{,}8\,\tau_n$, wenn die Spulengruppe 4 Spulen umfaßt, und $- 0{,}2\,\tau_n$, wenn sie nur 3 Spulen umfaßt. Auf diese Weise erklärt sich die zweite horizontale Reihe der Abb. 7. Die jeweils äußersten Spulen in den zur Phase *I* gehörigen Gruppen haben also die Lagen 1,0, 1,4, 0,8, 0,2, 0,6, 1,0, 0,4, 0,8, 1,2, 0,6, wobei der Anfang beliebig gewählt werden kann. Dies ergibt das charakteristische Bild der Abb. 8.

Die Abweichung aller übrigen zur Phase *I* gehörenden Nuten erhält man nun in einfachster Weise, indem man zur ersten Spule noch 3 um je eine Nute zurückliegende und zu den übrigen Spulen noch 2 um je eine Nute zurückliegende Lagen hinzunimmt.

Abb. 9 zeigt das rein mechanische Hinzukommen der übrigen Nuten; die Lagen c und d am linken Ende entsprechen den Lagen der 1. Spule der Gruppe mit 4 Spulen, deren äußerste Spulen die Lagen 1,0 und 1,4 waren.

Aus Abb. 9 erkennen wir, daß

$$f_{wg} = \frac{\sin \lambda \cdot 30^\circ}{16 \sin \lambda \cdot \frac{30^\circ}{16}} \sin \left(3 \cdot 16 - 2\right) \lambda \cdot \frac{30^\circ}{16}$$

$$= \frac{\sin \lambda \cdot 30^\circ}{16 \sin \lambda \cdot \frac{30^\circ}{16}} \cos \left(2 \lambda \cdot \frac{30^\circ}{16}\right);$$

denn das Vektorbild ist identisch mit demjenigen einer Wicklung mit 16 Nuten je Phase und je Pol bei einem um 2 Nuten verkürzten Wickelschritt.

Da $6 \cdot 3{,}2 = 19{,}2$ sehr nahe an 19 liegt, so soll diese Harmonische besonders untersucht werden.

Hierfür ist:

$$f_{wg} = \frac{0,5}{16 \sin \frac{19 \cdot 30}{16}} \cos\left(2 \cdot 19 \cdot \frac{30^\circ}{16}\right) = 0,0173$$

und

$$f_{wo} = f_{wg} \cdot \frac{1,165 \sin \frac{19 \cdot 30}{1,165 \cdot 3,2}}{\sin\left(19 \cdot \frac{30^\circ}{3,2}\right)} = \frac{1,165 \sin 152,8^\circ}{\sin 1,875^\circ} f_{wg}$$

$$f_{wo} = 16,3 \, f_{wg} = 0,282.$$

a.′ -2,0 -1,0 0 0,2 0,4 0,6 0,8 1,0

b.′ -2,2 -2,0 -1,0 0 0,2 0,4 0,6 0,8 1,0

Abb. 12. Ersatzbilder der Stabwicklungen mit q = 3,2 und 3,4.

Dieses Beispiel zeigt, daß das Verhältnis f_{wo}/f_{wg} sehr große Werte annehmen und daß trotzdem f_{wo} klein bleiben kann. f_{wg} wird erst für $\lambda = 96 \pm 1$ gleich 0,952. Für $\lambda = 95$ ist

$$\frac{f_{wo}}{f_{wg}} = \frac{1,165 \sin \frac{95 \cdot 30^\circ}{1,165 \cdot 3,2}}{\sin 95 \cdot \frac{30^\circ}{3,2}} = 5,0; \quad f_{wo} = 0,952 \cdot 5,0 = 4,76.$$

Es gibt also auch bei $q = 3,2$ eine oder mehrere Harmonische, die einen außerordentlich großen Wickelfaktor besitzen, aber die Ordnungszahl ist sehr groß, etwa 5mal größer als für ein ganzzahliges q. Für diese großen Ordnungszahlen ist aber ε_λ sehr klein, wie wir später zeigen werden.

Für $q = 3,4$ sind 2 Tripel von zusätzlichen Spulen einzufügen, ein jedes Tripel enthält 3 gleichmäßig am Umfang verteilte Spulen, das 2. Tripel kann gegenüber dem 1. Tripel eine beliebige Lage haben. Legen wir das 2. Tripel so, daß die zusätzlichen Spulen möglichst gleichmäßig über die Peripherie verteilt werden, so erhalten wir die Anordnung der Abb. 10. Indem man wiederum die Änderung der Lagen bestimmt wie für $q = 3,2$, ergibt sich: f_{wg} für $q = 3,4$ ist identisch mit f_{wg} für $q = 17$ bei einem um 2 Nuten verkürzten Wickelschritt.

$q = 3,6$ und $q = 3,8$ können auf $q = 3,4$ und 3,2 zurückgeführt werden, indem man von $q = 4$ statt von $q = 3$ ausgeht und Tripel von Spulen wegnimmt. f_{wg} für $q = 3,6$ ist also identisch mit f_{wg} für $q = 18$ bei einem um 2 Nuten verkürzten Wickelschritt, und f_{wg} bei $q = 3,8$ ist identisch mit f_{wg} bei $q = 19$ bei einem um 2 Nuten verkürzten Wickelschritt.

Bei Zweischichtwicklungen besteht eine größere Freiheit im Entwerfen, denn bei $q = 3,2$ sind jetzt 2 Tripel von zusätzlichen Spulen vorhanden.

In Abb. 11 a, b, c und d sind die Anordnungen für q = 3,2, 3,4, 3,6 und 3,8, u. zw. nur für die obere Schicht dargestellt, die untere Schicht ist gegenüber der oberen um den beliebig wählbaren Wickelschritt verschoben; wird der Wickelschritt möglichst groß (aber $\leq 180^\circ$) gewählt, so wird er für die 4 Fälle sein: 9, 10, 10 und 11.

In Abb. 12 a′ und b′ sind für $q = 3,2$ und $q = 3,4$ die Vektorlagen der einzelnen Spulen angegeben. Wir sehen, daß wir in beiden Fällen eine Ersatzwicklung mit $5 \cdot q$ Nuten je Phase und je Pol erhalten. Wenn wir mit ϑ die Abweichung des Wickelschrittes von 180° bezeichnen, so ist

$$f_{wg} = \frac{0,5}{5\,q \sin \frac{\lambda \cdot 30^\circ}{5\,q}} \cos \frac{\lambda\,\vartheta}{2}.$$

In Zahlentafel 4 sind für 3,2, 3,4, 3,6, 3,8 Spulen und Stabwicklung (im letzteren Falle unter Benutzung der Wickelschritte 9, 10, 10 und 11) die Wickelfaktoren f_{wg} und f_{wo} für die hauptsächlich in Betracht kommenden Ordnungszahlen ausgerechnet worden.

(Schluß folgt.)

Zahlentafel 4.

q		Spulenwicklung		Stabwicklung	
		f_{wg}	f_{wo}	f_{wg}	f_{wo}
3,2	1	0,956	0,956	0,956	0,956
	5	0,182	0,188	0,169	0,175
	19	0,0173	0,282	0,0154	0,251
	37	0,0251	0,114	0,0294	0,134
	95	0,952	4,76	0,95	4,75
	97	0,952	5,93	0,95	5,92
3,4	1	0,955	0,955	0,954	0,954
	5	0,182	0,187	0,189	0,194
	19	0,0206	0,066	0,0443	0,134
	23	0,00695	0,00207	0,0344	0,0103
	41	0,0252	0,728	0,00935	0,27
	101	0,954	5,10	0,954	5,10
	103	0,954	6,27	0,954	6,27
3,6	1	0,955	0,955	0,953	0,953
	5	0,183	0,187	0,158	0,162
	23	0,0103	0,0159	0,040	0,0616
	43	0,0235	0,745	0,0084	0,267
	107	0,953	5,46	0,950	5,45
	109	0,953	6,61	0,950	6,60
3,8	1	0,955	0,955	0,955	0,955
	5	0,185	0,192	0,185	0,192
	23	0,0131	0,227	0,0131	0,227
	47	0,0233	0,093	0,0233	0,093
	113	0,955	5,80	0,955	5,80
	115	0,955	7,00	0,955	7,00

Gleichstrom-Hochspannungs-Übertragungen.

Es bestehen z. Z. bereits eine Anzahl Projekte, größere Energiemengen mit hochgespanntem Gleichstrom zu übertragen. Niethammer[1] bespricht die bekannten Vorteile der Gleichstromübertragung, wie Fortfall der Ladeströme und deren Begleiterscheinungen, Verringerung der Koronaerscheinungen, Vergrößerung der Stabilität, Fortfall der Verluste im Kabelmantel und der Stromverdrängung, schließlich die Möglichkeit der Benutzung der Erde als Rückleitung. Die Gleichstrom-Hochspannungserzeugung ist bisher mit Sicherheit nur durch das Thury-System möglich[2]. Man kann damit bei 8 Maschinensätzen in Reihe auf 750 000 kW bei 1000 km Übertragungslänge kommen. Ein Projekt sieht zur Ausnutzung der Gezeiten im Golf von San Joé in Argentinien insgesamt 376 Turbinen vor. Bei Ausführung der halben Turbinenzahl mit je einem Maschinensatz für 3000 V, 500 A können insgesamt 2 800 000 kW erzeugt und 1100 km weit übertragen werden. Die Rückwandlung geschieht beim Thury-System durch Gleichstrom-Reihenschlußmotoren mit Drehstromgeneratoren.

Der Einankerumformer scheint zur Erzeugung hochgespannten Gleichstromes aus Drehstromanlagen nicht geeignet. Ruhende Gleichrichter mit stillstehendem Anker und Kommutator und rotierenden Bürstensätzen sind nur für verhältnismäßig geringe Leistungen ausgeführt worden. Eine 48 km lange Übertragung mit 2 · 60 kV für 20 000 kW, die durch solche Umformer gespeist wird, ist in Süd-Wales in Betrieb. Gleichrichterröhren mit Glühkathoden sind bisher noch nicht imstande, nennenswerte Leistungen für solche Zwecke zu liefern, dagegen scheint der Quecksilberdampf-Gleichrichter Möglichkeiten zu bieten. Die Umwandlung von Gleich- in Wechselstrom kann vorteilhaft mit Glühkathodenröhren und neuerdings mit gesteuerten Quecksilberdampf-Gleichrichtern vorgenommen werden. Schließlich sind Quecksilberstrahl-Gleichrichter mit einer Lochscheibe zur Steuerung der Zündung und Unterbrechung von Lichtbogen ausgeführt worden, daneben wird der Quecksilberstrahl-Gleichrichter von Prof. Hartmann erwähnt[3], ohne allerdings zahlenmäßige Angaben über Ausführungsgrößen zu geben. Die Zählung hochgespannter Gleichstromenergie bietet noch einige Schwierigkeiten, die allerdings überwunden werden können. *W. K.*

[1] F. Niethammer, El. u. Maschinenb. Bd. 49, S. 261.
[2] Vgl. ETZ 1930, S. 114.
[3] ETZ 1931, S. 177; 1928, S. 1224.

Ausschaltüberspannungen bei Kleinvakuumschaltern.

Von **E. O. Seitz**, Berlin.

Übersicht. Schaltet man einen Gleichstromkreis, bestehend aus R, L und C, in dem ein Strom i fließt, geliefert von einer Batterie mit der Spannung U_N, mittels eines idealen Vakuumschalters ab, so muß gelten: $u_m^2\, C/2 = i^2\, L/2$, worin u_m die auftretende maximale Überspannung bedeutet. Die im technischen Vakuumschalter durch den Lichtbogen zwischen den Schalterkontakten verzehrte Energie A läßt sich bestimmen aus der Differenz der gemessenen Werte und der theoretischen Werte für u_m. Für Ströme bis zu 6 A, beliebige Kapazitäten C und für $L < 0{,}2 \cdot 10^{-3}$ H wird $A < 0{,}3 \cdot 10^{-3}$ Ws, daraus ergibt sich die Abschaltzeit des Vakuumschalters zu $1 \cdot 10^{-6}$ s. Für größere L wächst A, anscheinend linear.

Die Größen u_m, L, C werden aus Amplituden und Frequenz des mit dem Kathodenstrahl-Oszillographen aufgenommenen Einschwingvorgangs der Ausschaltüberspannung entnommen. Bei den Aufnahmen wird, um Kipprelais u. dgl. zu vermeiden, eine periodische Zeitachse nach Dufour (Sinuswelle, $\tau = 20 \cdot 10^{-6}$ s) verwandt. Der Vakuumschalter war ein Kleinvakuumschalter (Protos-Schaltpatrone) für etwa 2 kW abschaltbare Leistung.

Beim Abschalten von Stromkreisen, bestehend aus ohmschem Widerstand, Induktivität und Kapazität, verwandelt sich die in der Selbstinduktion vorhandene elektromagnetische Energie ganz oder teilweise in elektrostatische Energie an den Schalterkontakten. Die Höhe der dabei auftretenden Überspannungen ist abhängig von der Geschwindigkeit, mit der der Strom verschwindet. Beim Schalten in Gasen (z. B. Luft) oder Dämpfen (z. B. Öldampf) übernimmt nach Aufhören der metallischen Verbindung ein Lichtbogen noch endliche Zeit die Stromführung. Für den Fall, daß der abzuschaltende Strom ein Gleichstrom ist oder ein Wechselstrom, dessen Periodendauer groß ist gegen die Öffnungszeit, und daß die Öffnungsdauer genügend klein ist gegen die elektromagnetische Zeitkonstante des Stromkreises, ist nach R. Rüdenberg[1] der Spannungsverlauf an den Schalterkontakten und damit die Überspannung im Kreise aus der vorgegebenen Lichtbogencharakteristik zu ermitteln. Die maximale Überspannung ist dabei identisch mit der Löschspannung u_L des Lichtbogens und daher bei definierter Lichtbogencharakteristik eindeutig gegeben; sie hängt insbesondere nicht ab von den Konstanten (L, R, C) des abgeschalteten Stromkreises. G. Baust[2] hat unter den oben angegebenen Voraussetzungen an kleinen Luftschaltern (Netzspannung 200 V, Betriebstrom bis 10 A) die von Rüdenberg angegebene Unabhängigkeit der Überspannung von den Konstanten des elektrischen Stromkreises erfüllt gefunden.

Erfolgt das Schalten aber im absoluten Vakuum, so kann ein Stromdurchgang nach unterbrochenem metallischen Kontakt nicht mehr stattfinden; hierbei wird abgesehen von reiner Elektronenleitung[3] (Glühemission, Feldstärkenemission der Kathode), welche bei genügend rascher Entfernung der Schalterkontakte vernachlässigt werden darf (keine ausreichende Temperaturerhöhung der Kathode, rasches Durchlaufen des Gebietes hoher Feldstärke).

Die isolierende Fähigkeit des Vakuums zum Schalterbau auszunutzen, wurde von Sorensen und Mendenhall[4] 1926 erfolgreich versucht. Sie schalteten Ströme bis zu 1000 A bei bis zu 42 kV Wechselspannung ohne größeren Lichtbogen einige hundert Male störungsfrei ab. Als Kleinschalter[5] wurde 1921 ein Vakuumschalter als wesentlicher Bestandteil der Birka-Regler zur Anwendung gebracht.

Im idealen Vakuumschalter fehlt eine Gasentladung völlig; es wird im Schalter selbst also keinerlei Energie verbraucht. Die gesamte im Stromkreis aufgespeicherte magnetische Energie muß daher nach der Stromunterbrechung als elektrostatische Energie in der Kapazität des Kreises auftreten. Es gilt somit

$$i^2 \frac{L}{2} = u_m^2 \frac{C}{2}\,. \tag{1}$$

Darin bedeuten L und C Selbstinduktion bzw. Kapazität des abgeschalteten Kreises, i den Strom vor Beginn der Unterbrechung und u_m den Höchstwert der Überspannung an den Schalterkontakten.

Für den praktischen Fall des Vakuumschalters hat diese Beziehung (1) nur ungefähre Gültigkeit, da sie einen unendlich raschen, von jedem Energieverbrauch freien Abschaltvorgang zur Voraussetzung hat. Das Öffnen des Schalters spielt sich aber in Wirklichkeit so ab, daß beim Auseinanderziehen der Schalterkontakte zunächst eine Erhöhung des Übergangswiderstandes eintritt, u. zw. durch Zusammendrängen des Stromes auf letzte sehr kleine metallische Berührungspunkte[6]. Diese Stromlinienkonzentrierung hat eine sehr starke lokale Erhitzung zur Folge, die zum Verdampfen des Kontaktmaterials und Austreiben von im Metall eingeschlossenen Gasen führt. Die geringen Dampf- bzw. Gasmengen ermöglichen die Entstehung eines Lichtbogens, indem sie die zu seiner Existenz notwendige Trägerbildung gestatten. Diese Gasmenge entfernt sich jedoch außerordentlich rasch aus dem Gebiet der Bogenentladung. Da die Endstellung der Kontakte, also die maximale Bogenlänge, beim Birka-Regler etwa 0,1 mm beträgt, darf man annehmen, daß Gasmoleküle in einem Abstand von etwa der zehnfachen Bogenlänge bereits für die Stromleitung unwirksam sind. Diese Entfernung von 1 mm durchfliegen die Gasmoleküle (Kupferdampf) bei einer Temperatur von einigen tausend Grad in etwa $1 \cdot 10^{-6}$ s. Bei einer einmaligen Gasabgabe (durch Stromlinienkonzentration) im Öffnungsaugenblick ist also nach dieser Zeit zwischen den Elektroden bereits wieder hohes Vakuum, längere Zeit kann somit eine Bogenentladung nicht bestehen. Wenn die Gasabgabe außer durch die Widerstandsheizung der Kontaktspitzen beim Öffnen noch durch zusätzliche Heizung (Lichtbogenleistung) erfolgt, was bei hohen umzusetzenden Energiemengen $i^2 L/2$ möglich ist, sind natürlich längere Lichtbogendauern zu erwarten.

Der während des Abschaltvorganges im Schalter auftretende Energieverbrauch bedingt eine Rückwirkung auf den Stromkreis im Sinne einer Verkleinerung der Überspannung im Augenblick vollzogener Unterbrechung:

$$u_m^2 \frac{C}{2} = i^2 \frac{L}{2} - A. \tag{2}$$

Darin ist A die im Schalter verzehrte Energiemenge, die anderen Größen haben dieselbe Bedeutung wie in Gl. (1). Die experimentelle Prüfung dieser Formel bzw. eine Bestimmung von A ist Gegenstand vorliegender Arbeit.

Verwendet wurde ein Kleinvakuumschalter für etwa 2 kW abzuschaltende Leistung (S in Abb. 1). Er bestand aus einem evakuierten Glasrohr von 13 mm Dmr. und 60 mm Länge, in das mittels zweier Einschmelzungen zwei Kupferelektroden eingeführt waren. Die eine war unbeweglich, die andere wurde im Ruhezustand mittels einer Blattfeder gegen die feste Elektrode gedrückt und konnte mittels eines Glasfederkörpers mechanisch von außen vom festen Kontakt abgehoben werden. Das Schalten wurde in unserem Falle dadurch bewirkt, daß ein auf dem Glasfederkörper angekitteter Eisenanker durch einen Elektromagneten bewegt wurde.

Abb. 1. Prinzipschaltung.

Unsere Untersuchung beschränkte sich auf das Abschalten von Gleichstromkreisen. Als Stromquelle diente sowohl eine isoliert aufgestellte Akkumulatorenbatterie als auch ein Gleichstromgenerator. Die Klemmen der Batterie und des Generators wurden durch genügend große Kapazitäten (4 µF für Batterie, 60 µF für Generator) überbrückt (Abb. 1). Die Netzspannung U_N betrug 220 V. Der Strom wurde durch induktionsarme Schiebewiderstände R (in Kreuzspulwicklung, Ruhstrat) im Bereich 1 ... 6 A geregelt. Die Selbstinduktion L des Kreises bestand aus der Eigeninduktivität der Leitung und des Rheostaten und wurde durch Zuschalten von Luftspulen im Bereich von $35 \cdot 10^{-6}$ bis $2 \cdot 10^{-3}$ H geändert. Die wirksame Kapazität C des Stromkreises ist größtenteils als Windungskapazität der Selbstinduktion verteilt, sie ist also frequenzabhängig. Nach

---

[1] R. Rüdenberg, Elektrische Schaltvorgänge, S. 110. Verlag Julius Springer, Berlin 1923.

[2] G. Baust, Arch. El. Bd. 22, S. 245 (1929).

[3] R. A. Millikan u. B. E. Shackelford, Phys. Rev. Bd. 15, S. 239 (1920). R. A. Millikan u. C. F. Eyring, Phys. Rev. Bd. 27, S. 51 (1926). F. Rother, Ann. Phys. Bd. 81, S. 317 (1926). H. Rohmann, Z. Phys. Bd. 31, S. 311 (1925). N. W. Tomaschewsky, Arch. El. Bd. 21, S. 244 (1928).

[4] R. W. Sorensen u. H. E. Mendenhall, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 45, S. 1203 (1926); Referat: ETZ 1927, S. 436.

[5] Vgl. z. B. W. Jubitz, Siemens-Z. Bd. 10, S. 420 (1930). ETZ 1925, S. 1758; 1926, S. 224.

[6] Siehe z. B. R. Holm, Wiss. Veröff. Siem.-Konz. Bd. 7, S. 272 (1929); ETZ 1930, S. 515.

vollendeter Abschaltung führt diese Kapazität mit den Induktivitäten eine freie Schwingung aus. Diese Ausschaltschwingung wurde mit dem Kathodenstrahl-Oszillographen *K. O.* aufgenommen. Die aus dem Oszillogramm ablesbare Frequenz gibt zusammen mit der bekannten Induktivität den gesuchten Kapazitätswert, die erste Schwingungsamplitude gibt die gesuchte Überspannung.

Prinzip und Aufnahmetechnik mit dem Kathodenstrahl-Oszillographen dürfen als bekannt vorausgesetzt werden[7]. Um Verschleierung der Platte zu verhindern, muß dafür gesorgt werden, daß der Kathodenstrahl nur während der interessierenden Ablaufzeit die photographische Platte schwärzen kann. Das mechanische Schalten des Vakuumschalters muß daher mit einer Vorrichtung zum Auslösen zu Beginn der Aufnahme und Wiedersperren des Strahles nach der Aufnahme und zum Ingangsetzen des Ablaufs der Zeitachse gekoppelt werden. Mechanische Relais garantieren nur eine Gleichzeitigkeit von $0{,}1 \cdot 10^{-3}$ s, was für unser Problem nicht genügt. Die meist angewandte Lösung, daß man durch den aufzunehmenden Vorgang selbst die Strahleinrückung und den Ablauf der Zeitachse mittels

A.M. Schaltmagnet für *S*
B Anodenblende
C, L, R Konstanten des Abschaltkreises
C_M Kondensator zur Regelung d. Zeitkonstante von *A.M.*
Gl Glimmrelais (*a* Anode, *k* Kathode, *z* Zündelektrode)
K Kathode des Oszillographen
M.K. Meßkreis des Oszillographen
M.Sp. magnet. Strahlsperrung
R_I R_{II} Zwischenrelais
S Vakuumschalter
Sch_I, Sch_{II} Taster
Sp.K. Sperrkreis des Oszillographen
Z.K. Zeitkreis des Oszillographen (Dufour, $\lambda = 6000$ m)

(Der 1000 Ω-Widerstand im Stromkreis von *A.M.* ist falsch eingezeichnet; er muß tiefer liegen, zwischen der Batterie und der Abzweigung, die links nach R_I, rechts zur Spule von R_{II} führt.)

Abb. 2. Schaltung zur Aufnahme der Ausschaltüberspannungen mit dem Kathodenstrahl-Oszillographen.

geeigneter Röhrenschaltungen (Kipprelais) steuert, wurde hier nicht angewandt. Diese Schaltungen bedingen nämlich, daß man den aufzunehmenden Vorgang zwischen Anschlußpunkt des Kipprelais und Oszillograph eine so lange Leitungstrecke durchlaufen läßt, daß mittlerweile das Kipprelais angesprochen hat. Dazu sind aber Umwegleitungen von 50 ... 100 m erforderlich, entsprechend den notwendigen Verzögerungszeiten von einigen $0{,}1 \cdot 10^{-6}$ s, durch welche störende Beeinflussungen und Verzerrungen des Oszillogramms in Kauf genommen werden müssen. Einen Ausweg aus diesen Schwierigkeiten bietet die Anwendung der bekannten Dufourschen Zeitkreis-Schaltung[8]: die Zeitachse läuft unter dem Einfluß eines periodischen Wechselfeldes hin und her, damit steht also eine zusammengeklappte Zeitachse beliebiger Länge zur Verfügung; es ist uns also möglich, mit mechanischen Relais auszukommen. Zur Wiedersperrung des Strahls nach der Aufnahme gelangte ein Glimmrelais[9] zur Anwendung. Die ausführliche Schaltskizze Abb. 2 zeigt den gesamten Aufbau, alles Wesentliche ist aus der Legende zu Abb. 2 zu entnehmen.

Als Beispiel eines solchen Oszillogramms zeigen wir hier in Abb. 3a eine Originalaufnahme, die in Abb. 3b in linearem Zeitmaßstab aufgezeichnet ist. Der untere dicke horizontale Strich wird von der Dufour-Achse bei noch geschlossenen Kontakten vielfach überschrieben, bis dann irgendwann das Auseinanderreißen der Kontakte geschieht. Man erkennt, daß in diesem Zeitpunkt eine hohe Überspannung auftritt, die sich abklingend auf die offene Klemmenspannung einschwingt. Der Abstand des oberen dicken horizontalen Strichs vom unteren (der Nullinie des Oszillogramms) entspricht der Netzspannung 220 V, womit wir sofort eine Spannungseichung des Oszillogramms haben.

Aus der Frequenz des Schwingungsvorgangs wurde zunächst die wirksame Eigenkapazität *C* des Abschaltkreises ermittelt, indem die Frequenz durch Zuschalten bekannter Kapazitäten bei konstanter Selbstinduktion variiert wurde. Obwohl die Eigeninduktivität *L* sich aus den geometrischen Dimensionen berechnen ließ, wurde sie zur Kontrolle in analoger Weise bestimmt.

Abb. 3a. Oszillogramm mit periodischer Zeitachse.

Das Oszillogramm erlaubt weiter eine einfache Ermittlung der gesamten Dämpfung des Schwingungskreises bei verschiedenen Frequenzen (ausschließlich der Lichtbogendämpfung). Aus der Dämpfung errechnet sich als dämpfender Widerstand ein Widerstand vom Doppelten des Gleichstromwiderstandes des Abschaltkreises. Diese Vergrößerung des Widerstandes erklärt sich durch Skineffekt und Strahlungsverluste.

Die maximale Überspannung u_m wird aus der ersten Spannungsamplitude des Oszillogramms ermittelt, indem der direkt abzulesende Wert um den Dämpfungsverlust während der ersten Viertelperiode erhöht wird. Diese so korrigierten Werte sind mit Formel (1) bzw. (2) zu vergleichen. u_m wurde zur Kontrolle auch noch mit einer geeichten bestrahlten Meßfunkenstrecke gemessen und auch diese Werte gleichfalls um den Dämpfungsverlust der ersten Viertelperiode korrigiert.

$U_N = 220$ V
$i_0 = 2$ A
$L = 1{,}26 \cdot 10^{-3}$ H
$C = 0{,}4 \cdot 10^{-9}$ F
$\tau = 4{,}45 \cdot 10^{-6}$ s
$\tau_0 = 20 \cdot 10^{-6}$ s (Dufour-Kreis)
$u_m = 1760$ V extrapoliert
$= 3600$ V nach Gl. (1)

Abb. 3b. Oszillogramm der Abb 3a, in linearer Zeitachse gezeichnet.

Bevor wir einige Versuchsreihen wiedergeben und diskutieren, sei noch der Einfluß der Geschwindigkeit der Schalterbewegung besprochen. Die Geschwindigkeit der Schalterbewegung beeinflußt die Lichtbogendauer und damit die im Schalter verzehrte Energiemenge *A* in Formel (2) und die Höhe der auftretenden Überspannung. Wir fanden bei verschiedenen Erregerströmen für den Schaltmagneten keine Änderung des u_m; die beiden Kontakte haften beim Öffnen des Schalters zunächst noch durch Verklammen der Kontaktrauhigkeiten oder durch leichtes Zusammengeschweißtsein infolge eines vorhergegangenen Einschaltvorgangs aneinander. Erst beim Erreichen einer gewissen kritischen Kraft werden die Kontakte auseinandergerissen. Sie können daher nur mit bestimmter Abreißbeschleunigung geöffnet werden, die in praktischen Grenzen unabhängig von der Größe des Erregerstromes

[7] Ausführliche Literaturzusammenstellung bei M. Knoll, H. Knoblauch u. B. v. Borries, ETZ 1930, S. 966.
[8] Dufour, Compt. rend. Bd. 158, S. 1339 (1914); Oscillographe Cathodique, Paris (Chiron) 1923.
[9] Verwendet wurde ein Glimmrelais der Siemens-Schuckertwerke.

ist. Die Schaltergeschwindigkeit betrug im Mittel etwa 0,5 m/s.

Einige Versuchsreihen werden hier mit Angabe aller wichtigen Zahlen in Abb. 4 a ... c wiedergegeben. In Abb. 4 a ist die gemessene korrigierte Überspannung als Funktion des abzuschaltenden Stromes i dargestellt. Die ausgezogene Gerade ergibt die aus Formel (1) folgenden Werte. Die gemessenen Punkte liegen (bei den hier gewählten Werten für L und C) praktisch auf der Geraden. Die Abweichung

× Versuchswerte.
Die ausgezogenen Geraden gehorchen Gl. (1).

a) $L = 0{,}185 \cdot 10^{-3}$ H, $C = 0{,}4 \cdot 10^{-9}$ F b) $i = 4$ A, $L = 0{,}185 \cdot 10^{-3}$ H c) $i = 4$ A, $C = 0{,}4 \cdot 10^{-9}$ F

Abb. 4. Vergleich der experimentell gefundenen Werte für u_m mit den aus Gl. (1) folgenden.

ist unregelmäßig und durch das natürliche Streuen der Meßwerte bedingt, eine Abweichung nach oben ist physikalisch sinnlos. Die Abweichung des gefundenen u_m von dem nach Formel (1) geforderten bewegt sich demnach in den Grenzen der Meßgenauigkeit (etwa 5 %). Daraus ergibt sich für die Größe A aus Gl. (2), d. i. die im Schalterlichtbogen verzehrte Energie, ein Wert von im Maximum $0{,}3 \cdot 10^{-3}$ Ws.

In Abb. 4 b wurden i, L und U_N konstant gehalten, dagegen C variiert. Aufgetragen wurde $u_m = f(\sqrt{1/C})$. Die Gerade zeigt wieder die von Formel (1) geforderte Abhängigkeit. Auch hier liegt die Abweichung der gefundenen Werte von der geforderten Geraden innerhalb der Fehlergrenzen der Meßmethode; für A ergibt sich gleichfalls höchstens $0{,}3 \cdot 10^{-3}$ Ws.

Abb. 4 c endlich gibt den Vergleich der Meßpunkte $u_m = f(\sqrt{L})$ mit der theoretischen Geraden nach Formel (1). Für kleine L ($L < 0{,}2 \cdot 10^{-3}$ H) ist auch hier wieder die Übereinstimmung innerhalb der Fehlergrenzen vorhanden (der Wert von L in Abb. 4 a und b fällt in diesen Bereich). Dagegen wird für $L > 0{,}2 \cdot 10^{-3}$ H die Abweichung für wachsendes L immer größer. Die wesentliche Änderung des Entladevorganges bei großem L scheint darin zu bestehen, daß bei den größeren magnetischen Energien eine Erhöhung der Lichtbogendauer in bekannter Weise stattfindet, wodurch während längerer Zeiten die Lichtbogenleistung zu decken ist. Dadurch wird der Energieverbrauch im Schalterlichtbogen für die Höhe der auftretenden Überspannung bestimmend. Aus der Differenz der gefundenen Kurve von der Geraden ist $A = f(\sqrt{L})$ berechnet und mit eingetragen; A scheint eine lineare Funktion von L zu sein.

Man kann aus der Größe von A überschlagweise die eigentliche Öffnungsdauer des Vakuumschalters berechnen. Wir nehmen für A den oben gefundenen Maximalwert aus Abb. 4 a und b von $0{,}3 \cdot 10^{-3}$ Ws als Lichtbogenarbeit an. Es ist also:

$$A = \int_0^{t_B} i_B\, u_B\, \mathrm{d}t = 0{,}3 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{Ws},$$

wobei i_B der Bogenstrom, u_B die Bogenspannung und t_B die Bogendauer sind. Der Einfachheit halber setzen wir $i_{B_{\text{mittel}}} = i_0/2 = 2$ A, $u_{B_{\text{mittel}}} = 150$ V. Dann wird

$$i_0/2 \cdot u_B\, t_B = 0{,}3 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{Ws} \qquad t_B = 1 \cdot 10^{-6}\ \mathrm{s}.$$

Die Bogendauer im Vakuumschalter ergibt sich also unter plausiblen Annahmen bei schwachen Induktivitäten zu etwa 10^{-6} s. Solchen Zeiten gegenüber ist die Periodendauer von 50periodigem Wechselstrom groß, unsere Untersuchung gilt also auch in vollem Umfange für das Abschalten von Wechselstrom, die Überspannung wird durch das im Moment des Abschaltens vorhandene i_0 bestimmt.

Die experimentelle Untersuchung wurde im Laboratorium der Siemens-Schuckertwerke AG. im Sommer 1930 ausgeführt.

Die Faraday-Feier in London.

Im Lichte vieler tausend Scheinwerfer mit über hundert Millionen Kerzenstärken begrüßten die markantesten Bauten Großbritanniens (Abb. 1) die Delegierten der Wissenschaft und Technik, die sich zur Feier des Gedenkens an Michael Faraday in der zweiten Septemberhälfte in der Hauptstadt des britischen Weltreiches versammelten.

Abb. 1. London im Flutlicht.

Die Royal Institution of Great Britain und die Institution of Electrical Engineers hatten keine Mühe gescheut, um die Feier der hundertsten Wiederkehr der Geburtsstunde der Elektrotechnik eindrucksvoll und würdig zu gestalten, und auch die breite Öffentlichkeit durch Veranstaltung einer großangelegten Ausstellung auf die Bedeutung von Faradays Entdeckungen nachdrücklich hinzuweisen[1].

Der Faraday-Feier voraus ging der Internationale Beleuchtungskongreß, der in diesem Jahre in verschiedenen Städten Englands und Schottlands tagte. Auch eine Reihe weiterer wissenschaftlicher Tagungen war so angesetzt, daß ihre Teilnehmer unmittelbar anschließend an der Faraday-Feier teilzunehmen vermochten.

Während in ganz England jede wissenschaftliche oder technische Vereinigung ihre Festsitzung zu Ehren Faradays abhielt, eröffnete in London am 21. IX. ein Empfang der Delegierten im Festsaal der Royal Institution und am gleichen Abend eine überaus eindrucksvoll verlaufene Festversammlung in der Queens Hall die Reihe der Veranstaltungen. Tags darauf folgte ein Festvortrag in der Kingsway Hall und abends Empfänge durch die veranstaltenden Gesellschaften. Mittwoch eröffnete General J. C. Smuts, der neuerwählte Präsident der British Association for the Advancement of Science, die Faraday-Ausstellung in der Royal Albert Hall, Londons größtem Konzertsaal. Für Donnerstag nachmittag hatte Sir Joseph Petavel die Teilnehmer zu einer

[1] Vgl. ETZ 1931, S. 1105.

Besichtigung des National Physical Laboratory geladen, während abends ein Empfang in den Räumen der Royal Society stattfand. Den Abschluß bildete am Freitagabend ein von der britischen Regierung veranstaltetes Bankett im neuerbauten Dorchester House.

Die Ausstellung bildete den Glanzpunkt der Veranstaltungen. Während in einem stillen Zimmer Faradays Laboratorium (Abb. 2), zum Teil mit der erhaltenen Originaleinrichtung, rekonstruiert ist, gibt die Ausstellung im großen Saale einen Überblick über die Entwicklung derjenigen Zweige der Technik, die auf Faradays grundlegenden Arbeiten fußen. Im Mittelpunkt steht die Statue des so ungewöhnlich gefeierten Forschers, um welche im Kreise seine hinterlassenen Schriften angeordnet sind, vor allem sein berühmtes Tagebuch, das einen getreuen Bericht von der zähen, konsequenten Lebensarbeit des großen Experimental-Philosophen enthält.

In einem zweiten, größeren Ring sind, von Studenten vorgeführt, Faradays Experimentierbehelfe und Experimente zu sehen. In einem dritten, äußeren Ring endlich hat die englische Industrie eine Auslese ihrer Produkte ausgestellt. Zur Wahrung des würdigen Gesamteindruckes trug der taktvolle Beschluß des Ausstellungsausschusses bei, das Anbringen jedweder Firmenbezeichnung und sonstigen Reklame zu unterlassen; was so entstand, ist keine Messe der Industrie, keine Ausstellung im gewohnten Sinne, sondern ein Denkmal für Michael Faraday. Ein lebendes Denkmal aus Kupfer und Stahl.

Dies Denkmal umstanden die Jünger seiner Wissenschaft. Die Träger zahlreicher Namen, die jedem Elektriker und Physiker geläufig sind, nahmen an der Ehrung ihres Altmeisters teil: Elihu Thomson, Lord Rutherford, Marchese Marconi, Prof. Zeeman, Sir William Bragg und Lord Eustace Percy waren unter denen, die, ein jeder auf seinem Gebiet, die außerordentliche Bedeutung und das hohe Verdienst Michael Faradays würdigten. Und trotz der akuten Finanzkrise hatte es sich Mr. Ramsay MacDonald nicht nehmen lassen, dem Andenken Faradays, des Menschen, schöne und tiefsinnige Worte zu widmen. Eine Rede Dr. Frank B. Jewetts wurde drahtlos aus Boston übertragen.

Abb. 2. Faradays Arbeitsstätte. (Nach dem Gemälde von Harriet Moore.)

Die hervorragende Vorbereitung und Organisation der Feiern verdient hervorgehoben zu werden, und jedem der zahlreichen in- und ausländischen Teilnehmer wird diese Woche der dankbaren Erinnerung an einen Mann, der seiner Zeit um Jahrzehnte vorauseilte, nie aus der Erinnerung schwinden. Es war ein tiefer Blick in die Vergangenheit, die das schuf, was uns heute nahezu als Selbstverständlichkeit des täglichen Lebens erscheint.

Deutsche wissenschaftliche Korporationen und Verbände waren vertreten durch die Herren Bodenstein, Born, Debye, Ewald, Feyerabend, Hoffman, Matschoß, Orlich, Paneth und Wagner.

Die in den Jahren nach 1831 durch Faradays fortgesetzte Versuche auf immer breitere Grundlagen gestellte elektromagnetische Theorie wäre nicht das gebrauchsfertige Hauptwerkzeug des späteren Elektrotechnikers geworden, ohne von Clerk Maxwell in mathematische Form gebracht worden zu sein. Dem wird durch die Anfang Oktober in Cambridge stattfindende Maxwell-Gedenkfeier symbolisch Ausdruck verliehen.

Den beiden geistesverwandten Forschern gemeinsam wird von nun ab in der Westminsterabtei ein Gedenkstein gewidmet sein, der am 30. September enthüllt wurde. Besser aber als jede Feier und dieses Denkmal kündet ihren Ruhm das, was sie geschaffen. P. F. Stritzl.

Mitteilungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

Bekanntmachung über Prüfungen und Beglaubigungen durch die Elektrischen Prüfämter[1].

Nr. 304.

Auf Grund des § 10 des Gesetzes vom 1. VI. 1898, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, werden dem System 129 folgende Elektrizitätszählerformen als Zusatz eingereiht.

Zusatz zu System 129, die Formen CRo und DRo, Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom, hergestellt von der Firma **Paul Firchow Nachfgr.-Landis & Gyr Aktiengesellschaft** in Berlin.

Berlin-Charlottenburg, den 18. VIII. 1931.

Der Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.
I. V.: Kösters.

[1] Reichsministerialblatt 1931, S. 648.

Beschreibung.

Zusatz zu System 129, die Formen CRo und DRo, Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom, hergestellt von der Firma Paul Firchow Nachfgr.-Landis & Gyr Aktiengesellschaft in Berlin.

Die durch die Bekanntmachung Nr. 268 vom 24. XI. 1928 (ETZ 1929, S. 234) zur Beglaubigung zugelassenen Wechselstrom-Zwei- bzw. Dreileiterzähler der Formen CR bzw. DR des Systems 129 werden auch in abgeänderter Ausführung unter den Formbezeichnungen CRo bzw. DRo hergestellt. Diese Zähler können für Nennstromstärken von 1,5 ... 30 A, für Nennspannungen bis 220 V und für die Nennfrequenz 50 Hz beglaubigt werden. Sie unterscheiden sich von den Zählern der Formen CR bzw. DR im wesentlichen in folgenden Punkten:

1. Die Bewicklungen der Strom- und Spannungspule sind geändert.
2. Die Dicke der Ankerscheibe ist herabgesetzt.

3. Die Feinreguliervorrichtung am Bremsmagneten ist fortgelassen.
4. Zwischen dem Hauptstromeisen und dem Bremsmagneten ist ein Eisenschutzblech eingesetzt.

Die untersuchten Zähler hatten bei Nennlast ein Drehmoment von etwa 5 cmg. Sie liefen bei induktionsloser Belastung mit etwa 0,3 % des Nennstromes an. Das Ankergewicht wurde bei einem Zähler zu 31 g, die Drehzahl der Zähler bei Nennlast zu 33 ... 34 U/min ermittelt. Der Eigenverbrauch im Hauptstromkreis betrug bei 5 A Nennstromstärke etwa 0,32 W und bei 30 A Nennstromstärke etwa 1,38 W. Der Eigenverbrauch im Spannungskreis belief sich bei 220 V Nennspannung auf etwa 0,82 W.

RUNDSCHAU.

Bergbau und Hütte.

Elektrische Blockkopfheizung. — Um die beim Erstarren von Gußblöcken auftretende Lunkerbildung möglichst einzuschränken oder zu vermeiden, kann man mit Hilfe des elektrischen Lichtbogens eine wirksame Heizung der Blockköpfe vornehmen. Die Einrichtung (Abb. 1) stellt einen Lichtbogenofen dar: das Bad bildet der flüssige Stahl in der Kokille, während der Ofen aus der Kokille und das Gewölbe aus einer aufgesetzten Heizungshaube gebildet werden. Der Heizstrom wird einem Transformator entnommen, der nebst der zugehörigen Schaltanlage in unmittelbarer Nähe der Blockgießgruben untergebracht wird, so daß der Anschluß der Heizungshaube durch bewegliche, mit Asbest umwickelte Kabel an den Klemmen der Schaltanlage erfolgen kann. Die elektrische Regelung erfolgt entweder von Hand oder selbsttätig. Die in Abb. 2 dargestellte selbsttätige Regelvorrichtung der Firma Börnecke & Borchart, Witten, wird durch Leitungswasser betrieben. Die Steuerung erfolgt durch ein Relais in Abhängigkeit von der einstellbaren Stromstärke des Lichtbogens und einen magnetisch betätigten hydraulischen Steuerzylinder, während das Heben und Senken der Elektroden durch hydraulische Arbeitszylinder geschieht, die an der Heizungshaube angebaut sind. Die Durchmesser der Kohlenelektroden betragen je nach den Abmessungen der Blöcke 90 ... 150 mm bei einer Länge von 1200 bis 1500 mm. Nach dem Gießen des Blockes werden einige Schaufeln zerstoßenes Fensterglas auf die noch flüssige Stahlmasse gegeben; sodann wird die Heizungshaube mit einem Kran auf die Blockform gesetzt, der Strom eingeschaltet und die Lichtbogen eingestellt. Durch Zusetzen des Glases bezweckt man die Bildung einer zähen Schlacke, um die Wärmeausstrahlung zu verringern und eine bessere Leistung und eine Verringerung der Stromstöße zu erzielen. Um das Ziehen der einzelnen Lichtbogen zu erleichtern, ist der Nullpunkt des Transformators mit der Bodenplatte der Blockform verbunden. Die Vereinigten Stahlwerke, Abt. Bochumer Verein, heizen alle Kohlenstoffstähle mit geringerer Festigkeit sowie alle Blöcke, die in der Kokille vollkommen erkalten können. Als Heizungsdauer ergibt sich aus der Praxis von sechs Werken ein Mittelwert von 12 ... 10 min/t, ein mittlerer Energieverbrauch von 17 ... 14 kWh/t, die mittleren reinen Stromkosten bei einem Strompreis von 2,5 Pf/kWh von 45 ... 30 Pf/t, ein mittlerer Elektrodenverbrauch von 1 ... 0,6 kg/t, und die mittleren Elektrodenkosten bei einem Preis von 34 Pf/kg von 34 ... 25 Pf/t. Auf 1 t Stahl entfällt dann eine Belastung von:

Abb. 1. Vorrichtung zur elektrischen Blockkopfheizung.

	RM
Stromkosten	0,40
Elektrodenverbrauch	0,30
Löhne	0,10
Unterhaltung d. elektr. Anlage	0,10
Unterhaltung des Gewölbes der Haube	0,10
zusammen	1,—

Hierzu kommt noch für Zinsen und Abschreibungen ein Betrag von 45 Pf/t, so daß man mit einer Gesamtbelastung von 1,45 RM/t zu rechnen hat. Dieser Belastung steht eine Ersparnis durch kleinere verlorene Köpfe im Betrag von 30 ... 40 % des verlorenen Kopfes gegenüber. In der Besprechung wurde darauf hingewiesen, daß der Energieverbrauch reichlich hoch angesetzt ist. Es soll möglich sein, von 15 ... 20 kWh/t im Anfang auf 10 ... 13 kWh/t herunterzugehen. (E. Letixerant, St. u. E. Bd. 50. S. 1801.) *Ka.*

Abb. 2. Selbsttätige Elektrodenregelung.

Meßgeräte und Meßverfahren.

Normalstromwandler zur genauesten Messung von Wechselströmen. — Bei der Messung von Wechselströmen, sei es nach der elektrostatischen Methode oder einer Brückenmethode, hat man im British National Physical Laboratory (genau so wie in der Phys.-Techn. Reichsanstalt) induktionsfreie Meßwiderstände mit 2 V Spannungsabfall beim Nennstrom benutzt, u. zw. bei den höheren Stromstärken über 20 A bis zu 2000 A wassergekühlte induktions-kompensierte Manganinrohre. Ebenso wie in der PTR hat man auch in Teddington gefunden, daß diese Widerstände nicht vollkommen konstant sind, daß der Lack auf der inneren Rohrfläche platzt und das Wasser dann die Rohre angreift. Der andere Nachteil ist der, daß es nicht möglich war, für einen 2000 A-Widerstand den Fehlwinkel kleiner als 3' zu machen, wobei dieser Wert nicht einmal konstant ist, sondern sich je nach der Lage der Anschlußleitungen bis zu 2' ändert. Demnach schien der Bau eines Meßwiderstandes für 5000 A ganz aussichtslos, auch wegen der starken Wärmeentwicklung.

Für Stromstärken bis zu 200 A wurden dann luftgekühlte Widerstände durchgebildet (wie es auch in der PTR geschehen ist) und damit sehr befriedigende Ergebnisse erzielt. Die Konstruktion ist in dem Originalaufsatz genau beschrieben. Die Widerstandsänderung zwischen kalt und warm war weniger als 0,01 %, der Fehlwinkel kleiner als 0,05'. Für Stromstärken über 200 A bis 5000 A wurde aber ein Ringkern-Normalwandler mit einem Kern aus gestanzten Permalloyblechen (Mumetall der British Guttapercha Co.) gebaut und ebenso genau durch-

gemessen. Die Abmessungen des Kernes sind nicht angegeben, das Gehäuse mißt 275 · 275 · 125 mm, die Bohrung zum Durchführen des Primärleiters hat einen Durchmesser von 88 mm. Das Übersetzungsverhältnis mit einem einzigen Primärleiter ist 5000/5 A, die sekundäre Windungszahl 999, der Wandler ist also um genau 0,10 % abgeglichen.

Die Eichung des Wandlers erfolgte durch Vergleich mit den erwähnten Normalwiderständen, die aber nur bis zu 200 A absolut einwandfrei waren. Mit den höheren Stromstärken, insbesondere bei 1000 und 2000 A, zeigte der Wandler kleine Unregelmäßigkeiten, die wahrscheinlich in Fehlern der Normalwiderstände begründet sind. Das Ergebnis dieser Kontrollmessungen ist ein ganz bemerkenswertes: Mit mehr als 2 bis zu 25 Primärwindungen ist bei 50 Hz und Bürden von 5 ... 25 VA der resultierende Stromfehler kleiner als 0,01 % und der Fehlwinkel nur 0,6 ... 1,2′. Bei 25 Hz steigt der Fehlwinkel um etwa 0,5′, bei 100 Hz vermindert er sich um etwa 0,4′. Die Unterschiede, je nach der Windungszahl, sind nicht größer als ± 0,1′. Nur mit einer und zwei Primärwindungen steigen der Stromfehler auf etwa ± 0,01 % und die Unsicherheit des Fehlwinkels auf ± 0,2′.

Legt man bei der Belastung von 12,5 VA einen Kondensator von 1,4 μF parallel zu den Sekundärklemmen, so bewegt sich der Fehlwinkel zwischen + 0,1 und — 0,1′, ohne daß der Stromfehler 0,01 % erreichen würde. Ein Streufeld von 65 Gauß (Wandler im Innern einer 1 m-Spule mit 5000 AW) machte keinen größeren Fehler als 0,01 % und 0,6′, wobei letzterer Fehler so lag, daß er den ursprünglich vorhandenen von 0,8′ auf 0,2′ verminderte. Dagegen zeigte ein 2000 A-Manganinrohr schon bei 25 Gauß einen Fehler von 3,0′.

Eine Gleichstrom-Magnetisierung des Kernes mit 7000 AW, von der Sekundärseite aus, bewirkte einen zusätzlichen Stromfehler von weniger als 0,01 % und einen Fehlwinkel von 0,4′. Durch Entmagnetisieren konnte der ursprüngliche Zustand wieder vollkommen hergestellt werden. Eine 24stündige Erwärmung des Wandlers auf 40 ° C hatte keinen meßbaren Einfluß auf die Genauigkeit. Der Wandler war über 6 Monate vollkommen konstant; selbst durch schwere Hammerschläge konnte während einer Versuchsperiode von zwei Wochen keine größere Änderung als 0,02′ herbeigeführt werden.

Durch diese Versuche ist erwiesen, daß man mit Permalloywandlern nicht nur außerordentlich hohe Genauigkeit erzielen kann, sondern daß diese Wandler gegen Gleichstrom-Magnetisierung, Temperatureinflüsse und Stöße nicht mehr, sondern eher weniger stark empfindlich sind als Wandler aus hochlegiertem Dynamoblech. (R. S. J. Spilsbury u. A. H. M. Arnold, J. Inst. El. Engs. London Bd. 68, S. 889.) *Kth.*

Ein Braunsches Rohr als Betriebsgerät. — Das unter dem Namen Westinghouse-Röhre bekannte Braunsche Rohr[1], entwickelt von V. Zworykin für Fernsehzwecke, wurde mit sämtlichen Hilfsgeräten in einen Aluminiumkasten 23 · 49 · 54 cm eingebaut. Die Kathode der Röhre ist indirekt geheizt und kann mit Wechselspannung betrieben werden. Die Röhre ist mit Kathodenblende und dreifacher Anodenblende ausgerüstet. Die Innenseite der Glasröhre ist zur Vermeidung von Wandladungen versilbert. Das aktive Fluoreszenzmaterial (Zinksilikat) ist ebenfalls leitend gemacht. Die Erregerspannung beträgt 3000 V, die Vorspannung des Anodenzylinders ist rd. ein Sechstel davon. Die Erregerspannungsanlage ist in den Kasten mit eingebaut, sie schaltet sich beim Öffnen der Kastentür ab. Zum Glätten der Spannungen dienen Kondensatoren mit hochohmigen Parallelwiderständen. Zeit und Vorgangsablenkung erfolgen durch Ablenkspulen. Die Zeitachse wird von einem Röhrengenerator aus betrieben. Die Zeitachsenschwingung ist periodisch, sie wird von einem Sender mit Steuergitterröhren und einem Überlagerungskreis geliefert. Die Schwingungen der Vorgangs- und Zeitwellen werden bis zum Stillstand des Bildes auf dem Schirm synchronisiert. Die Vorgangsablenkung mit Spulen erfordert bei der Sichtbarmachung höherer Frequenzen die Vorschaltung hochohmiger Widerstände. Die Spannungsempfindlichkeit beträgt rd. 3,4 mm/V. Die gesamte Konstruktion ist einer bekannten Ausführung von Brenzinger[2] ähnlich. Durch eine besondere, nicht eingebaute Zusatzeinrichtung zur zyklischen Umschaltung können zwei Kurven gleichzeitig sichtbar gemacht werden. Angaben über die bezogene Schreibgeschwindigkeit fehlen. Das Gerät eignet sich auch zu akustischen Untersuchungen, ebenso zur Untersuchung von Maschinenschwingungen. (Über die Frage der Lebensdauer der Kathode und des Leuchtschirmes stehen Betriebserfahrungen noch aus. Anm. d. Berichters.) (W. O. Osborn, El. Journ. Bd. 28, S. 322.) *Hlz.*

[1] Vgl. ETZ 1931, S. 117.
[2] M. Brenzinger, Arch. El. Bd. 24, S. 80 (1930.)

Beleuchtung.

Amerikanische Regeln für Straßenbeleuchtung. — Die neuen Regeln für Straßenbeleuchtung, die vom Komitee für Straßenbeleuchtung der Illuminating Engineering Society herausgegeben worden sind, bestehen aus 15 Abschnitten und einem umfangreichen, Erläuterungen enthaltenden Anhang. Abschnitt 1 behandelt den jetzigen Stand der Straßenbeleuchtung, die auch in Amerika mit der Entwicklung des Verkehrs nicht hat Schritt halten können. Der Hauptzweck der Straßenbeleuchtung wird in Abschnitt 2 formuliert als Schaffung angemessener Sehbedingungen bei Nacht, um

1. eine sichere und bequeme Benutzung der Straße zu ermöglichen,
2. den öffentlichen Wert der Straße zu steigern,
3. das gute Aussehen der Straße zu fördern.

Abschnitt 3 behandelt die Sehbedingungen bei künstlicher Straßenbeleuchtung. Es wird angemessene Beleuchtung der horizontalen und vertikalen Flächen gefordert, ferner eine günstige Verteilung der Leuchtdichte auf der Straßendecke und die Vermeidung von Blendung. Im Hinblick darauf, daß das Problem an sich außerordentlich verwickelt ist, leuchtet es ein, daß die Wirksamkeit einer Straßenbeleuchtung in hohem Maße von der Geschicklichkeit abhängt, mit der die Anlage entworfen wird, auch wenn alle in den Regeln gemachten Vorschläge beachtet werden. Es werden eingehendes Studium der Angelegenheit und fachmännische Beratung empfohlen. In Abschnitt 4 „Beleuchtungstechnische Grundlagen“ wird empfohlen, auf die Art der Straßen, ihren Verkehr, die Beschaffenheit der Straßendecke, auf die Gebäude und einen etwaigen Baumbestand Rücksicht zu nehmen, ferner wird auf die Wichtigkeit zweckmäßiger Wahl der Beleuchtungskörper, der Aufhängehöhe, des Lampenabstandes und der Anordnung der Lampen quer zur Straße hingewiesen. Wichtig ist die Verwendung von Zubehörteilen bester Qualität, die auch in ästhetischer Hinsicht befriedigend sein sollen.

Im Abschnitt 5 wird folgende Einteilung der Straßen nach ihrer Verkehrsdichte gegeben: Straßen mit leichtem, mit mittlerem mit starkem Durchgangsverkehr, Geschäftsstraßen, Wohnstraßen, Zufahrtstraßen, Parkstraßen, Landstraßen. Ein Verkehr von weniger als 500 Fahrzeugen in der Stunde — stets auf die Hauptverkehrszeit bezogen — klassifiziert die Straße als Straße mit leichtem Verkehr, während die Straßen mit 800 ... 1200 Wagen/h als Straße mit mittlerem, mit mehr als 1500 Wagen/h als Straßen mit starkem Verkehr bezeichnet werden.

In Abschnitt 7 und 8 „Empfehlenswerte praktische Maßnahmen“ und „Maßnahmen, die die Güte der Beleuchtung beeinflussen“ werden Vorschläge und Empfehlungen für Mindestwerte aufgestellt. Wo immer tunlich, ist es wünschenswert, über die Vorschläge hinauszugehen. Jede Anlage ist so zu entwerfen, daß die Beleuchtung im Bedarfsfalle verstärkt werden kann, da die Ansprüche an die Straßenbeleuchtung in raschem Ansteigen begriffen sind.

Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, daß die gesamten Vorschläge die Verwendung besten Materials voraussetzen, und daß bei Verwendung weniger guter Beleuchtungskörper stärkere Lampen bzw. kürzere Lampenabstände angewendet werden müssen. Bei Anwendung größerer Aufhängehöhen als der empfohlenen kann auch ein größerer Lampenabstand zugelassen werden, vorausgesetzt daß die aufgewandte elektrische Leistung proportional mit dem Lampenabstand vergrößert wird. Wenn die Straßenbeleuchtung Baumreihen aufweist, wird mäßiges Ausschneiden der Bäume als zweckmäßiger bezeichnet als das niedrigere Aufhängen der Lichtquellen. Bei der praktischen Anwendung der Regeln soll noch beachtet werden, daß große Verkehrsdichte, besondere Breite der Straße, fehlende Abblendvorschriften für Automobile, besonders starker Fußgängerverkehr, das Vorhandensein von Autobuslinien in der betreffenden Straße Gründe sind, die eine bessere Beleuchtung, als in den Regeln vorgeschrieben, erfordern.

Die Abschnitte 9 ... 15 enthalten Angaben über die Anordnung der Lichtquellen und die Stärke der zu verwendenden Lampen in verschiedenen Straßenarten (vgl. Zahlentafel 1).

Hierzu muß im einzelnen noch folgendes ergänzt werden: Bei den Straßen in Spalte 1 ... 3 kann — aber nur falls Baumbestand vorhanden — die Aufhängehöhe bis auf 5,5 m herabgesetzt werden. In Geschäftstraßen, die vorwiegend

Zahlentafel 1.

Art der Straße	Anordnung der Lampen	Aufhängehöhe	Lampenabstand	Lichtstrom HLm	Lichtstrom Lampe	Bemerkungen
schwacher Durchgangsverkehr . . .	Zickzack	6 ... 7 m o. Bäume	46 m	4 600	300 W	wenn 7,5 m breit oder schmaler, einseitige Anordnung
mittlerer Durchgangsverkehr	Zickzack	6 ... 9 m	46 m	11 500	750 W	
starker Durchgangsverkehr	Zickzack	6 ... 9 m	46 m	11 500	750 W	
Geschäftstraßen		je nach lokalen Bedingungen wie Verkehrstraßen				
Wohnstraßen		5,5 m	46 m i. bes. Fäll. b. 60 m	2 900	200 W	
		4,6 m	38 m max.	1 150	100 W	bei kürzerem Lampen-Abst. ger. Höhe, nie weniger als 4,6 m
Zufahrtstraßen		zu Gebäuden in Geschäfts- und Industrievierteln, deren Eingänge, Ausgänge und Kreuzungen mit öffentlichen Straßen sollen beleuchtet sein				
Landstraßen	nicht mehr als 3 m aus der Mitte	8,5 m od. mehr	100 m	4 600	300 W	6,7 m oder weniger breit
		6,5 m	entsprechend kürzer	2 900	200 W	in besond. Fällen
bei starkem Verkehr	wie Verkehrstraßen					

Einzelhandelsgeschäfte enthalten, soll die Beleuchtung niemals schlechter sein als in Straßen mit mittlerem Durchgangsverkehr. Falls größere Lampen als die oben angegebenen verwendet werden, müssen folgende Mindestaufhängehöhen eingehalten sein:

Für Lampen von 29 000 Lumen (entspricht rd. 1500 W) 7,5 m
„ „ „ 17 400 „ „ „ 1000 W 6 m
„ „ „ 11 500 „ „ „ 750 W 5 m

Im Anhang werden Auszüge aus zwei Arbeiten gebracht, die von dem Komitee der Internationalen Beleuchtungskommission 1928 vorgelegt worden sind[1]. Die Auszüge behandeln: Einfluß der Straßendecke, Zusammenhang zwischen Beleuchtung der Straße und Beleuchtungseinrichtungen der Fahrzeuge, eingehendere Betrachtung der Sehbedingungen auf der Straße und der Art, wie Gegenstände auf der Straße wahrgenommen werden können (Direktsehen, Silhouettensehen usw.), Anordnung der Lampen, Blendung, das gute Aussehen der Straße, wirtschaftliche Fragen der Straßenbeleuchtung. (Transact. Ill. Engg. Soc. Bd. 26, S. 15.) *li*

Heizung. Öfen.

Schulung der Installateure und Elektrohändler für die Mitarbeit an der Einführung der elektrischen Küche. — Wie bekannt, erfolgt seit etwa zwei Jahren die Tätigkeit der Werbeabteilung der Vereinigung der Elektrizitätswerke (VDEW) im gemeinsamen Auftrag dieser Vereinigung und des Zentralverbandes der deutschen elektrotechnischen Industrie, wodurch es ermöglicht wurde, der mittelbaren Werbung, also der Gewinnung und geistigen Vorbereitung der Mittler des Stromabsatzes, erhöhte Aufmerksamkeit zu widmen (Gemeinschaftswerbung).

Neben dem Abhalten von Kursen für Lehrkräfte von Hauswirtschaftschulen und ähnlichen Instituten vereinigte sich die Gemeinschaftswerbung mit der durch die Glühlampenindustrie und die Verbände der Installateure und Händler gemeinsam gegründeten Organisation der A. F. I. (Arbeitsgemeinschaft zur Förderung des Elektroinstallateur- und Beleuchtungsgewerbes) zu einer über ganz Deutschland ausgedehnten intensiveren Aufklärungsarbeit. Die Hauptaufgabe der A. F. I. bestand bisher im Abhalten von licht- und werbetechnischen Kursen mit tatkräftiger Unterstützung der „Zentrale für Lichtwerbung", einer Werbestelle, die für die Lichtwerbung ähnliche Aufgaben wie die Gemeinschaftswerbung für Gerätepropaganda erfüllt. Durch Zusammenfassung der Installateure, Händler und Elektrizitätswerke zu örtlichen Werbegemeinschaften, sog. Elektrogemeinschaften, deren Berater die Werbeingenieure der A. F. I. wurden, ergaben sich geeignete Stützpunkte für das Abhalten und Auswerten von Installateurkursen über dringende technische und wirtschaftliche Fragen. Dieser Arbeitsbereich ist seit einigen Monaten aus mehrseitigem Interesse über das Gebiet der Lichtwerbung hinaus erweitert worden. Die bei Installateuren und Werken schon gut eingeführten A. F. I.-Ingenieure wurden in einer Sonderausbildung mit allen Fragen der Elektrowärmeverwendung vertraut gemacht, um die erworbenen Kenntnisse in einem neuen A. F. I.-Kursus III zu verbreiten.

Dieser Kursus bringt zunächst nur die technischen Grundlagen für die Einführung der elektrischen Küche, ein Gebiet, das bereits so vielseitig und umfassend ist, daß es die Aufnahmefähigkeit der Teilnehmer in 6- bis 7stündigem Vortrag einen vollen Tag bis an die Grenze in Anspruch nimmt. Das Wirtschaftliche und Propagandistische für die Einführung der elektrischen Küche soll daher in einem späteren Kursus behandelt werden.

Die Vorträge gliedern sich in 5 Abteilungen, welche folgende Themen behandeln:

1. Elektrizitätswirtschaftliche und wärmetechnische Grundbegriffe.
2. Was muß der Elektroinstallateur vom elektrischen Kochvorgang wissen?
3. Aufbau der Geräte für elektrisches Kochen und Gesichtspunkte für deren Auswahl.
4. Bemessung der Zuleitungen und vorschriftsmäßiger Anschluß elektrischer Herde.
5. Der elektrische Heißwasserspeicher.

Bei dem ersten Thema werden die wichtigsten Grundbegriffe erläutert, wie Belastung, Benutzungsdauer, Gleichzeitigkeitsfaktor, ferner Wärmefluß, Wärmekapazität, Heizwert u. dgl. Das sind für die meisten Zuhörer neue Gebiete, deren Behandlung die Installateure befähigen soll, die Aufgaben der Stromlieferung und die für die Stromabsatzpolitik maßgebenden Gesichtspunkte zu verstehen.

Die kochtechnischen, hygienischen und baulichen Vorteile der elektrischen Kochweise, welche das zweite Thema behandelt, sind für die Akquisition von weittragender Bedeutung. Es ist Grunderfordernis, die Vorteile des elektrischen Kochens vollkommen zu überblicken, wenn man der Kundschaft Heiz- und Kochgeräte zu verkaufen sucht.

Im nächsten Kapitel werden Aufbau und Gebrauch der verschiedenartigsten elektrischen Herde erklärt. Folgenden grundlegenden Bedingungen ist bei deren Bau zu genügen:

1. Alle einschlägigen Normen und Vorschriften müssen mindestens eingehalten, nach Möglichkeit für rauhen Betrieb und im Sinne der „Narrensicherheit" überboten sein.
2. Die Anschlußstellen und die Anschlußweise der Herde müssen deutlich erkennbar sein.
3. Zu jedem Herd gehört ein klares Schaltungsschema.
4. Alle Zuleitungen müssen gut geschützt sein, vor allem auch gegen Verschmutzung und Feuchtigkeit.
5. Dasselbe gilt für die Schalter, die außerdem handlich, leicht sichtbar und so ausgebildet sein müssen, daß man sofort erkennt, ob sie ein- oder ausgeschaltet sind.
6. Alle Teile, vor allem die Heizkörper und -platten, müssen leicht auswechselbar sein.
7. Die Anordnung der einzelnen Teile des Herdes, z. B. der Röhren und der dazugehörigen Schalter, muß übersichtlich und für die Hausfrau bequem sein.
8. Alle Teile, die mit Speiseresten in Berührung kommen können, müssen mühelos und restlos zu reinigen sein.

[1] Principles of Street Lighting. Some Illuminating Engineering Aspects of Street Lighting.

Bei der Auswahl der Geräte ist zu unterscheiden, ob ein Gerät als Zusatzgerät verwendet oder ob eine vollelektrische Küche eingerichtet werden soll; maßgebend sind ferner die Lebensgewohnheiten und Wohnungsverhältnisse des Kunden, die Familiengröße und die Anschlußmöglichkeit.

Anschließend kommen die technischen Gesichtspunkte für den Anschluß elektrischer Herde zur Sprache, insbesondere die durch das elektrische Kochen entstehende Netzbelastung. Die sich hierauf gründenden Ausführungen über richtige Bemessung der Zuleitungen geben gerade dem Praktiker sehr wichtige Anhaltspunkte. Eng verbunden hiermit sind die erforderlichen Schutzvorkehrungen (Erdung, Nullung und Schutzschaltung).

Das letzte Kapitel, Elektrische Heißwasserspeicher, behandelt deren Aufbau und Wirkungsweise sowie die gebräuchlichsten Speichersysteme mit ihren jeweiligen Vor- und Nachteilen. Besonders wichtig sind Einzelheiten der Projektierung, Montage, Inbetriebnahme und Instandhaltung. Dieses Gebiet ist deshalb sehr wichtig, weil sich der Elektroinstallateur und Händler bisher nicht so recht an den Verkauf und die Installation von Heißwasserspeichern herantraute, insbesondere auch wegen Unkenntnis wichtiger wassertechnischer Fragen.

Alle fünf Vorträge werden ausgiebig durch die Vorführung von etwa 80 Lichtbildern und Originalmodellen unterstützt. Ferner erhalten alle Teilnehmer den Vortragsstoff stichwortartig in Form von Sammelblättern zusammengestellt, was ein wertvolles Rüstzeug für den Elektroinstallateur darstellt.

Daß mit dieser „mittelbaren Werbung“ ein Weg gefunden ist, der große Hoffnungen auf die weitere Zusammenarbeit zwischen Werken und Installateuren eröffnet, geht daraus hervor, daß in den ersten vier Monaten bereits über 100 Kurse vor etwa 4000 Teilnehmern abgehalten wurden. G. Hagemann.

Bahnen und Fahrzeuge.

Die Stabilität elektrischer Triebmittel für Zahnradbahnen. — Die vorliegende Doktorschrift von W. Lattmann will einem Bedürfnis der Praxis nach einer lückenlosen Behandlung aller Krafteinwirkungen, die die Standsicherheit von Zahnradtriebmitteln beeinflussen, Rechnung tragen. Nacheinander werden alle Faktoren untersucht, die im Betrieb auf die Laufachsen gegenüber der Ruhelage entlastend bzw. zusätzlich belastend wirken, ohne Rücksicht darauf, ob sie für die praktische Berechnung von wesentlicher Bedeutung sind oder nicht. Eingegangen wird fast durchweg auf die Stabilität des Triebmittels in bezug auf Kippachsen rechtwinklig zur Fahrtrichtung und parallel zur Gleisebene. Von den Kippmomenten in anderer Richtung ist nur die Kreiselwirkung der rotierenden Massen einer näheren Betrachtung unterzogen.

Der allgemeinen Untersuchung der einzelnen Einwirkungen ist lediglich ein Triebmittel mit zwei Triebzahnrädern zugrunde gelegt, da sich jeder andere Fall hieraus ableiten läßt. Von wesentlichstem Einfluß auf die Standsicherheit bei Vertikalverzahnung ist das Kippmoment des Zahnauftriebes. Dieser ist deshalb an erster Stelle behandelt. Die größte Entlastungskraft tritt bei Eingreifen eines einzigen Zahnes auf. Da dieser Fall auch bei mehrlamelligen Zahnstangen eintreten kann, wird zwischen ein- und mehrlamelligen Zahnstangen für die Rechnung kein Unterschied gemacht. Es folgt dann die Untersuchung des Einflusses der Gewichtskomponente in Bahnrichtung und der Translationsträgheit bei Geschwindigkeitsänderungen, des Wind- und Pufferdruckes sowie der Trägheit der rotierenden Massen beim treibenden Motor und beim Bremsen. Schließlich werden noch die Kippmomente, die durch die Trägheit der Lauf- und Bremszahnräder und durch die Reibung im Getriebe und an den Laufachsen hervorgerufen werden, erwähnt.

Die Standsicherheit eines Zahnrad-Fahrzeuges ist am meisten gefährdet bei Anfahrt auf der Steigung und beim Bremsen im Gefälle. Für diese beiden Betriebslagen werden die Ergebnisse der Einzelbetrachtungen in ihrer Wirkung auf die Laufachsdrücke zusammengefaßt. Die bergseitige Achse erfährt dabei eine Entlastung, während die talseitige Achse zusätzlich belastet wird. Das Verhältnis zwischen Achsdruck senkrecht zur Bahnebene bei Ruhelage und der größten Achsentlastung im Betriebe stellt den Sicherheitskoeffizienten dar, der, falls die Stabilität gewährleistet sein soll, immer > 1 sein muß.

Am Schluß dieser allgemeinen Betrachtungen wird noch auf die Stabilitätsverhältnisse von Triebmitteln mit Horizontalverzahnung eingegangen und dabei festgestellt, daß sich ein Fahrzeug mit Horizontalverzahnung unter sonst gleichen Umständen in bezug auf Standsicherheit günstiger verhält als ein Fahrzeug mit Vertikalverzahnung. An zwei Zahlenbeispielen wird die Anwendung der vorstehenden Untersuchungsergebnisse gezeigt.

Die klar und übersichtlich aufgebaute Arbeit beantwortet manche bisher noch offenstehende Frage und wird jedem Ingenieur, in dessen Arbeitsgebiet das angeschnittene Thema fällt, willkommen sein. (W. Lattmann, Diss. T. H. Zürich, 1930.) *pt*

Hebezeuge und Massenförderungen.

Betrieb zweier Aufzüge in einem Schacht. — Die große Anzahl der Stockwerke hat in Amerika dazu geführt, daß man in den Aufzugschächten zwei Aufzüge laufen läßt, von denen der obere als Schnellaufzug arbeitet, indem er nur die oberen Stockwerke bedient. Der

e Führung i Gegengewichtpuffer k Unterteil
oberer Aufzug: b Seilscheiben, c Seil, g Gegengewicht
unterer Aufzug: a Seilscheiben, d Seile, f Gegengewicht, h Puffer

Abb. 3. Aufzugschacht mit 2 Körben.

untere Aufzug hält dagegen in sämtlichen unteren Stockwerken. In Abb. 3, welche die Anordnung schematisch darstellt, wird jeder der beiden Aufzugmotoren durch einen besonderen Umformer gespeist; der untere Korb arbeitet nur bis zum 10. Stockwerk, während der obere die darüberliegenden Stockwerke versorgt. Bei einer derartigen Anordnung muß natürlich Vorkehrung getroffen werden, daß die Aufzüge nicht zusammenstoßen. Man hat zu diesem Zweck eine Schaltung gewählt, die aus Abb. 4

hervorgeht. In Abb. 4 A hält der untere Aufzug gerade am 6. Stockwerk, während der obere Aufzug mit voller Geschwindigkeit abwärts geht. Sowohl das Notrelais *e* als auch das Auslaufrelais *f* des oberen Aufzuges befinden sich so lange unter Spannung, bis der obere Aufzug das 9. Stockwerk verläßt, dann wird nämlich (Abb. 4 B) das Auslaufrelais kurz geschlossen und hierdurch bewirkt, daß der obere Aufzug am 8. Stockwerk zum Stillstand kommt. Diese Stellung ist in Abb. 4 C dargestellt.

A B C D

a Stockwerkkontakte für Aufzug *I*
b „ „ „ *II*
c Schleifkontakte am Aufzug *I*
d „ „ „ *II*
e Notrelais
f Auslaufrelais
g Strombegrenzungswiderstand
h Stockwerkflur

Abb. 4. Sicherheitsschaltung.

Wenn durch irgend einen Zufall sich der obere Aufzug doch noch tiefer bewegen sollte (Abb. 4 D), so wird das Notrelais kurz geschlossen, wodurch eine zusätzliche Bremsvorrichtung betätigt wird. Das selbsttätige Halten des unteren Korbes bei der Aufwärtsbewegung wird durch besondere Kontakte in ähnlicher Weise bewirkt. (El. World Bd. 97, S. 312.) *Ka.*

Landwirtschaft.

Zur Elektrisierung der Landwirtschaft in der UdSSR. — In dem russischen Fünfjahrplan ist der Elektrisierung des Landes ein gebührender Platz eingeräumt worden. Soweit es sich übersehen läßt, können auch die Fortschritte auf diesem Gebiet i. a. als ziemlich groß bezeichnet werden. So betrug die Gesamtleistung der Bezirkskraftwerke Ende 1930 gegen 2 Mill kW. Dagegen ist die Entwicklung der speziell dörflichen Elektrisierung erstaunlich gering: die Gesamtleistung der auf dem flachen Lande vorhandenen Kraftwerke zählt vorläufig nur etwa 50 000 kW, was einer Durchschnittsleistung je Anlage von rd. 45 kW entspricht. Demgemäß ist natürlich auch die Anzahl der elektrisierten Dörfer sehr klein. So gehören z. B. im Bezirk Moskau nur 274 Dörfer zu den Stromabnehmern, und dies bei einer Gesamtausdehnung des Versorgungsnetzes von 1285 km.

Überwiegend benutzt man die elektrische Energie zur Beleuchtung, und nur ein geringer Teil des Stromes wird in mechanische Arbeit umgewandelt. In demselben Kreis Moskau leisten alle in den landwirtschaftlichen Betrieben vorhandenen Elektromotoren zusammen nur 400 PS. Der schwachen Entwicklung der Elektrisierung entsprechend, stellen sich auch die Strompreise für landwirtschaftliche Zwecke ziemlich hoch, oder, was richtiger ist, infolge der hohen Preise wird Elektrizität in der Landwirtschaft bisher nur selten angewendet.

Der Elektrisierungsplan der UdSSR enthält u. a. die Bestimmung, die Strompreise für landwirtschaftliche Betriebe bis auf 4 Kop/kW (Nachtstrom) herabzusetzen; das ist aber vorläufig nur ein Entwurf, mit dessen Verwirklichung in absehbarer Zeit kaum zu rechnen ist.

Zu den Anwendungsmöglichkeiten des Stromes in der Landwirtschaft, für welche sich in Kreisen russischer Fachleute ein besonderes Interesse bemerkbar macht, gehört vor allem das Elektropflügen, welches in der UdSSR bereits auf eine eigene Geschichte zurückblicken kann. Die ersten Versuche in dieser Richtung, die in den Jahren 1920/21 stattgefunden haben, fielen, sowohl von technischer als auch von wirtschaftlicher Seite angesehen, unbefriedigend aus. Die technische Ausführung der damaligen Elektropflüge war derart unvollkommen und der wirtschaftliche Nutzen ihrer Arbeit dermaßen gering, daß man für das Beste hielt, von weiteren Versuchen abzusehen. Auch waren damals so gut wie keine elektrisierten Landgebiete vorhanden, so daß das Elektropflügen, wenn es sich auch gut bewährt hätte, sowieso keine Aussichten für eine erfolgreiche Entwicklung bot. Zudem fielen die ersten Versuche in die Zeit, als sich die Begeisterung für die Motorschlepper, welche bis in die letzten Jahre hinein anhielt, stark geltend machte.

Heute, wo es in der UdSSR bereits etwa 100 000 Kraftschlepper gibt, deren Anzahl sich 1932/33 (so heißt es wenigstens im Plan) auf rd. 400 000 belaufen soll, und zu denen noch ungefähr die gleiche Anzahl Kraftwagen hinzuzuzählen ist, rückt die Frage der Versorgung dieser gewaltigen Menge von Kraftfahrzeugen mit Brennstoff in den Vordergrund. Indessen ist es schon jetzt vollkommen klar, daß die Gesamtproduktion der bestehenden russischen Naphthaquellen höchstens die Hälfte der erforderlichen Brennstoffmengen liefern kann.

Dieser Umstand sowie die Fortschritte im Bau der Elektropflüge, die eine Erhöhung der Wirtschaftlichkeit mit sich brachten, erweckten in den russischen Fachkreisen von neuem ein starkes Interesse für das Elektropflügen, und als Folge erwarb die UdSSR vor kurzem Pflugsätze der SSW und einer italienischen Firma. Beide wurden 1930 einer Vorprüfung unterzogen, wobei die Maschinen der SSW im Wolgagebiet und die italienischen im Nordkaukasus arbeiteten.

Ungeachtet der verhältnismäßig hohen Kosten des Elektropflügens (etwa 15 bis 20 Rbl/ha), die z. T. auf die Unerfahrenheit, z. T. auf den hohen Strompreis und schließlich auch auf eine Reihe von Organisationsfehlern zurückzuführen sind, verfolgt man die Entwicklung dieses Verfahrens weiter mit wachsendem Interesse.

Zur Kostenfrage sei noch erwähnt, daß der größte Teil aller Ausgaben (etwa 40 %) auf die Amortisation der Pflugsätze entfällt. Der Grundmangel des Elektropflügens besteht somit in der unvollkommenen Ausnutzung der teueren Elektropflugsätze. Daher ist man in der UdSSR bemüht, durch Einführung neuer, bis jetzt unbekannter Pflügverfahren die Wirtschaftlichkeit und Rentabilität des Elektropflügens zu erhöhen. Eines von diesen neuen in der UdSSR zur Diskussion stehenden Verfahren besteht im wesentlichen darin, daß man anstatt eines Pfluges zwei oder mehrere gleichartige Pflüge an dem Seil befestigt, so daß die zwischen den beiden Windewagen liegende Furche nicht von einem, sondern von mehreren Geräten gepflügt wird. Bei diesem Verfahren setzen sich die Bearbeitungskosten je 1 ha beim Zweipflugsystem auf etwa 11,50 Rbl und beim Vierpflugsystem auf etwa 8,20 Rbl zusammen. Außerdem hat das neue Verfahren noch weitere Vorteile: einmal bietet es die Möglichkeit, die Länge des Stahlseils und somit die Furchenlänge bis 1000 m zu vergrößern, zum anderen können die bisher üblichen schweren und im Betrieb umständlichen Achtschar-Kippflüge durch die leichteren Pflüge mit kleinerer Anzahl der Scharen, deren Anpassungsfähigkeit an das Bodenrelief größer ist, ersetzt werden.

Die Versuche mit diesem neuen Verfahren sowie allgemeine Versuche mit dem Elektropflügen werden jetzt schon in größerem Maßstab angestellt, u. zw. sowohl sei-

tens der wissenschaftlichen Anstalten (Institut der landwirtschaftlichen Mechanik der UdSSR, Wissenschaftliches Forschungsinstitut der Elektrisierung und Institut der experimentellen Elektrotechnik) als auch von der praktischen Seite (landwirtschaftliche Truste, „Chleborozentr", „Sernotrest") und dürften im Verlauf der ganzen Sommerperiode wohl zu befriedigenden Ergebnissen führen, vorausgesetzt, daß diejenigen Vorbedingungen (richtige Betriebsführung, annehmbare Strompreise), welche das Elektropflügen z. B. in der deutschen Landwirtschaft einträglich machen, auch in der UdSSR erfüllt werden.

Der Verfasser dieser Zeilen hat vor einiger Zeit die Gelegenheit gehabt, zusammen mit einer Gruppe russischer Fachleute das Arbeiten der Elektropflüge in Deutschland zu besichtigen, wobei die russischen Ingenieure sich an Ort und Stelle von der Dauerhaftigkeit der Elektropfluganlagen (eine solche der SSW arbeitet schon über 20 Jahre) sowie ihrer Wirtschaftlichkeit und technischen Vollkommenheit überzeugen konnten. Heute versucht man bereits, die Elektropflüge in russischen Werken herzustellen, u. zw. sowohl nach den ausländischen Modellen als auch nach dem russischen Muster eines Elektropfluges von Prof. Amiradschibi, Tiflis.

Dipl.-Ing. W. Jemtzeff.

Fernmeldetechnik.

Die photographische Gesprächszählerablesung und die optisch-mechanische Auswertung der Zählerstände. — Die in anderen größeren Fernsprechämtern (z. B. Paris) schon vor einiger Zeit versuchsweise eingeführte photographische Ablesung der Gesprächszähler anstatt der Standaufnahme durch zwei Personen hat bisher keine befriedigenden Ergebnisse gebracht, weil die Auswertung der Ablesung in gleicher Weise wie bisher im Rechnungsbureau ziemlich umständlich erfolgen mußte. Zwar trat eine Erleichterung der Ablesung, aber keine Beschleunigung und Verbilligung der Auswertung ein. Nur als ein gewisser „Dienst am Kunden" wurde trotzdem hier und dort das Verfahren beibehalten, um dem Teilnehmer bei Reklamationen einen objektiven Beweis der Richtigkeit der Rechnung geben zu können.

Bei der Neueinrichtung des Amsterdamer Fernsprechamtes ist man daher, wie Maitland eingehend beschreibt, einen Schritt weiter gegangen und hat gemeinsam mit der Zeiß-Ikon AG. auch eine optisch-mechanische Auswertung der photographischen Gesprächszählerablesung eingerichtet. Während bei dem üblichen Ablese- und Auswertungsverfahren mit den notwendigen Kontrollwiederholungen die Auswertung der Ablesungen von 100 Teilnehmern etwa 90 min bis 2¹/₄ h beanspruchte, ist diese Zeit bei dem neuen Verfahren auf 24 min vermindert. Der Verfasser schildert eingehend zunächst die bisher üblichen Ablese- und Auswertungsverfahren und die ihnen anhaftenden Fehler, die bis zu 12 % fehlerhafte Auswertungen ergeben können, die nur durch Wiederholung auf das erträgliche Maß vermindert werden. Das neue Verfahren soll alle diese Fehler ausschalten.

Sämtliche Zähler des Amtes sind an Gestellen in einem Raum vereinigt. Zur Aufnahme der Zählerstände dient ein normaler Filmaufnahmeapparat, Kinamo Nr. 25, Bildformat 18 · 24 mm. Dieser Apparat wird von Hand oder elektrisch-selbsttätig parallel zu den Zählern bewegt. Durch einen Motor mit Druckknopfsteuerung werden der Verschluß dieses Apparates und der Filmvorschub betätigt; die Belichtungsdauer ist etwa ¹/₁₀ s. Bei jeder Aufnahme werden 100 Zählerstände in dem kleinen Filmbild aufgenommen. Die Filmlänge für 10 000 Teilnehmer beträgt 2 m. Die ganze Aufnahme für 10 000 Teilnehmer dauert bei Handsteuerung 24 min, bei elektrisch-selbsttätiger Steuerung 12 min.

Zur Auswertung dient ein Projektionsapparat, bei dem zwei miteinander verbundene Projektionssysteme auf eine gemeinsame Fläche projizieren, u. zw. so, daß immer der letzte Film und der soeben gemachte gleichzeitig projiziert werden. Die Einrichtung ist so getroffen, daß durch richtige Abblendung immer nur von jedem Film je eine Zahl zu sehen ist, so daß die auswertende Beamtin nur die Zählerstände eines einzigen Teilnehmers in einem bestimmten Augenblick von beiden Filmen gleichzeitig sieht. Mit dem Projektionsapparat ist eine Rechenmaschine gekuppelt, so daß nach Ausführung der Rechnung die nächsten beiden Bilder selbsttätig auf der Bildfläche erscheinen.

Die Rechnungsbeamtin hat also nichts weiter zu tun, als die beiden Zahlen der sichtbaren Zählerstände in der Rechenmaschine einzustellen, die Subtraktion und die Multiplikation mit dem Gebührenfaktor auf der Maschine rein mechanisch auszuführen, wobei sowohl die Zahlen als auch die Resultate selbsttätig auf die eingelegten Formulare geschrieben werden. Eine selbsttätige Kontrolle der richtigen Einstellung durch die Beamtin erfolgt dadurch, daß die Maschine das Gesamtresultat von 100 Teilnehmern ergibt, ebenso das Gesamtresultat der errechneten Geldbeträge. Durch Multiplikation des ersten Resultates mit dem Gebührenfaktor und Vergleich mit der Gesamtgeldsumme ergibt sich also eine sehr schnelle Kontrolle, ob die Multiplikation auf der Maschine richtig ausgeführt ist. Infolgedessen liegt die einzige Fehlermöglichkeit darin, daß die Beamtin die Zahlen falsch abliest oder falsch einstellt. Auch hier ist eine leichte Kontrolle möglich. Von jedem Film wird eine Kopie gemacht, die mit einem zweiten kleinen Projektionsapparat projiziert wird, so daß dann mit einer kleinen Rechenmaschine jeweils 100 Stände eines Bildes schnell addiert werden können. Stimmen diese Gesamtsummen mit den Summen der Einzelablesungen überein, so ist die Rechnung absolut fehlerfrei.

Ein weiterer Vorzug des Verfahrens liegt in der Möglichkeit, das Verhalten der einzelnen Teilnehmer für statistische Zwecke schnell zu kontrollieren. Die Kosten schätzt der Verfasser für 100 Teilnehmer auf 18 ... 25 RM gegenüber 36 ... 40 RM bei dem alten Verfahren. (Ch. E. A. Maitland, Z. Fernmeldetechn. Bd. 12, S. 17.) *Blz.*

Versuche mit Sendeantennen. — Im Dezember 1929 sind in der Nähe Berlins Versuche mit Sendeantennen verschiedener Höhe angestellt worden zu dem Zweck, festzustellen, ob durch Erhöhung der Sendeantenne von einer viertel auf eine halbe Wellenlänge eine Vergrößerung der Fernwirkung erreichbar ist. Zu den Versuchen wurde eine fahrbare Station der Nachrichtenabteilung Potsdam verwendet, die mit der Wellenlänge 400 m auf eine senkrechte Antenne arbeitete, deren Höhe in Stufen von 20 m zwischen 100 m und 200 m verändert werden konnte, d. h. zwischen einer viertel und einer halben Wellenlänge. Die Antenne wurde senkrecht in die Höhe gehalten durch einen 500 m hoch stehenden Fesselballon oder auch mit einem Drachen. Sender und Antennenkreis waren derart angeordnet, daß die Änderungen der Antennenhöhe nicht etwa zeitraubende Neueinstellungen am Sender bedingten, da Wert darauf gelegt werden mußte, die Versuche schnell durchzuführen, um Änderungen der Übertragungsbedingungen durch andere Wetterlagen auszuschalten. Der Empfang der vom Versuchsender gegebenen Zeichen bei den verschiedenen Antennenhöhen wurde von 6 Empfängern beobachtet, von denen 3 in der Nähe des Senders (in 2,1 ... 4,3 km Entfernung), 2 in etwas weiterer (30 und 33 km) Entfernung und 1 in 126 km Entfernung aufgestellt waren. — Die von diesen Empfängern bei verschiedenen Antennenhöhen zwischen 100 und 200 m aufgenommenen Feldstärken zeigen deutlich, daß die Steigerung der Antennenhöhe von 100 auf 200 m keinen Einfluß auf die Fernwirkung hat; nicht einmal die bei Verwendung der Halbwellenantenne (200 m) benötigte Verdoppelung der Senderleistung hat eine Erhöhung der Feldstärken bei den Empfängern hervorgerufen. Die mit der Viertelwellenantenne (100 m) erzielten Feldstärken scheinen also die günstigsten zu sein. Theoretische Betrachtungen zeigen als Erklärung hierfür, daß der Halbwellensender nicht wie der Viertelwellensender maximal in Richtung der Erdoberfläche, sondern schräg nach oben strahlt. (F. Kiebitz, Tel. u. Fernspr. Techn. Bd. 19, S. 303.) *But.*

Bildfunkkabel. — Zwischen dem Haupttelegraphenamt in Berlin, der Kurzwellen-Sendestation in Nauen und der Empfangstation in Beelitz sind zwei als Bildfunkkabel bezeichnete neuartige Fernsprechkabel fertiggestellt worden. Die Kabel sollen den überseeischen Bildtelegraphenverkehr zwischen der Berliner Betriebszentrale der Transradio AG. und den beiden Großstationen in abgehender und ankommender Richtung vermitteln. Bei der Bemessung der Übertragungseigenschaften für die Bildfunkleitungen ist nicht allein die zur Zeit erreichte Leistungsfähigkeit der Bildtelegraphie in Betracht gezogen worden, sondern man hat auch die Entwicklung der nächsten Jahre und die zu erwartenden technischen Fortschritte berücksichtigt. Daher sind die Bildfunkleitungen zur Ermöglichung sehr schneller Bildübertragungen durch Einschaltung von Pupinspulen in Abständen von nur 500 m auf eine Grenzfrequenz von 16 000 Hz, z. T. auch auf eine solche von 36 000 Hz pupinisiert worden. (R. Feist u. H. Weinoldt, Tel. u. Fernspr. Techn. Bd. 19, S. 299 [RPZ.].) *No.*

Energiewirtschaft.

Stromverteilungskosten für die Haushaltversorgung in Detroit. — A. C. Marshall und H. A. Snow von der Detroit Edison Co. legten der 54. Hauptversammlung der NELA einen Bericht über die Selbstkostenermittlung der Elektrizität am Zähler der Haushaltungen vor, der sich auf die Daten dieser Gesellschaft stützt und besonders die hohen Verteilungskosten in Rücksicht zieht. Diese Untersuchungen verdienen deshalb Beachtung, weil sie mit einer in Deutschland unbekannten Offenheit die Anlage- und Betriebskosten eines großen Stromerzeugungs- und Verteilungssystems mitteilen, deren Kenntnis auch außerhalb der V. S. Amerika von Interesse ist.

Die Elektrizität wird in Detroit[1] außer in den innerhalb der Stadt gelegenen Kraftwerken in weiter entfernt liegenden Zentralen erzeugt, von denen man sie mittels 120 kV-Leitungen in die Stadt leitet. Hier erfolgt die Weiterverteilung mit 24 kV und 4,8 kV. Das eigentliche Niederspannungsnetz ist, entsprechend den amerikanischen Grundsätzen, mit der Mittelspannung (2,4 bis 5 kV) möglichst dicht an die Verbraucher heranzugehen, sehr kurz[2]. Für dieses Stromerzeugungs- und Verteilungssystem werden folgende Anlagekosten angegeben:

Anlageteil	Anlagekosten	Bemerkung
Kraftwerk	420,00 RM/kW	Bezogen auf die im Kraftwerk installierte Leistung
120 kV-Leitung	75,60 „ „	desgl.
24 kV-Kabelnetz	96,60 „ „	„
Transformatorenstationen 24/4,8 kV	187,30 „ „	„ (1 kW im Kraftwerk = 2,4 kVA Transformatorenleistung)
4,8 kV- und Niederspannungsverteilung bis zum Zähler einschl. Transformator	221,60 RM je Haushalt	Errechnet aus 2240 Anlagen mit einem mittleren Verbrauch von 550 kWh/Jahr

Zu diesen Beträgen werden 8 % für Investitionen in Verwaltungsgebäuden, Garagen, Verkaufsräumen, Laboratorien sowie nicht aufgeteilte Zinsen und Abgaben während des Baus zugeschlagen. 13 % der sich hiernach ergebenden Anlagesumme rechnen die Amerikaner pauschal als Kosten der Hauptverwaltung, der Drucksachen, gesetzliche Abgaben usw. zu den veränderlichen Kosten. Als feste Kosten werden 14 % der Gesamtinvestitionen angenommen, wovon 7 % auf Verzinsung und Tilgung, 4,5 % auf Abschreibung und 2,5 % auf Steuern entfallen. Hiernach ergeben sich unter Zugrundelegung eines mittleren Verbrauchs von 550 kWh je Jahr und Haushalt und eines Belastungsfaktors von 30 % (2630 Benutzungsstunden je Jahr) folgende Ausgaben in Pf/kWh:

[1] Vgl. ETZ 1926, S. 834.
[2] Vgl. Nissel, Amerikanische Elektrizitätstarife, ETZ 1929, S. 1438.

A. Stromerzeugung einschl. 120 kV-Fortleitung und Umspannung auf 24 kV	
Feste Kosten	3,28
Betriebsausgaben einschl. Kohle	1,97
B. Stromverteilung	
1. Verteilung mit Hochspannung (24 kV) einschl. Transformatorenstationen (24/4,8 kV)	
Feste Kosten	1,39
Betriebsausgaben	0,67
2. Verteilung mit Mittel- und Niederspannung (4800/115 V)	
Feste Kosten	6,09
Betriebsausgaben	1,22
C. Stromverkauf und Kundendienst	
1. Kundendienst	1,26
2. Kaufmännische Verwaltung	
Allgemeine Büroausgaben	1,05
Vertragsabschlüsse und Auskünfte	1,47
Abrechnung (12 Rechnungen im Jahr)	1,39
Zählerablesung (12mal im Jahr)	0,71
Inkasso	0,42
Uneinbringliches (1 %)	0,25
3. Stromabsatzwerbung	1,01
Gesamtkosten in Pf/kWh	22,18

Der Bericht gibt mit nachahmenswerter Offenheit die Einzelheiten der Selbstkostenrechnung wieder und weist nach, daß gerade bei der Stromversorgung der Haushaltungen die Verteilungskosten außerordentlich ins Gewicht fallen. Im vorliegenden Beispiel machen die reinen Verteilungskosten fast die Hälfte der gesamten Kosten einschl. Verwaltung und etwa das Doppelte der reinen Stromerzeugungskosten aus. Die Verfasser treten damit den besonders in letzter Zeit erhobenen Vorwürfen entgegen, die behaupten, die Selbstkosten der Elektrizität wären nur wenige Pfennige je Kilowattstunde, während der Strom zu einem Vielfachen dieses Betrags verkauft werde, und die die Selbstkosten an der Kraftwerksammelschiene mit Selbstkosten beim Abnehmer verwechseln.

Zum Schluß untersuchen die Verfasser die Änderung der Selbstkosten abhängig von dem jährlichen Stromverbrauch je Abnehmer. (NELA-Bull. Juli 1931, S. 455.) *Ni.*

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33 II, Fernspr.: C 4 Wilhelm 8885 u. 8886 zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Einladung

zum Vortrags- und Diskussionsabend für jüngere Fachgenossen am Dienstag, dem 20. Oktober 1931, 7½ Uhr abends, in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, E. B. Hörsaal Nr. 301.

Tagesordnung:

1. Vortrag des Herrn Dipl.-Ing. Hans Feindt über das Thema: „Inbetriebhaltung von Asynchronmotoren bei Spannungschwankungen."

Inhaltsangabe:

Motoren mit drehzahlabhängigem und drehzahlunabhängigem Gegendrehmoment. — Verhalten der Motoren bei Spannungschwankungen. — Bedingungen für die Inbetriebhaltung. — Einstellung des Motorenschutzes. — Schaltung für selbsttätigen Wiederanlauf.

2. Aussprache.

Zahlreiches Erscheinen der jüngeren Fachgenossen erwünscht.

„Wohltätigkeitsfest der Technik".

Die technisch-wissenschaftlichen Vereine in Berlin veranstalten am Sonnabend, dem 7. November 1931, 8½ Uhr abends, in den Räumen des Zoologischen Gartens zu Berlin das

„Wohltätigkeitsfest der Technik"

und laden hierdurch zur Teilnahme ein.

Das Fest wird veranstaltet zum Besten der Unterstützungskassen der Vereine zum Zwecke der Linderung der großen Not der Fachgenossen.

Anzug: Gesellschaftsanzug.
Musik: Kapelle Kermbach.
Tombala: Reichhaltig mit wertvollen Gewinnen.

Eintrittskarten für Vereinsmitglieder, deren Angehörige und für eingeführte Gäste kosten 8 RM, werden auf den Namen ausgestellt und können nur vor dem Fest durch die Geschäftstellen der veranstaltenden Vereine bezogen werden.

Da jedem der Vereine nur eine beschränkte Zahl von Eintrittskarten zugeteilt wird, empfiehlt es sich, die Karten bei der Geschäftstelle des Elektrotechnischen Vereins (Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33 II) bald zu besorgen.

Die Eintrittskarten werden gegen Barzahlung oder Einsendung des Betrags auf das Postscheckkonto: Elektrotechnischer Verein, Berlin Nr. 13302, ausgehändigt.

Gastkarten werden bei Vermittlung von Mitgliedern des Elektrotechnischen Vereins ausgegeben.

Die Tischnummern sind auf den Teilnehmerkarten vermerkt.

Elektrotechnischer Verein e. V.
Der Generalsekretär:
Dr. Schmidt.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33
Fernspr.: C 4 Wilhelm 8864 — 68
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Bekanntmachung.

Kommission für Betriebsvorschriften.

Wie in der Übersicht über die Beschlüsse der Jahresversammlung 1931, Seite 948, angekündigt war, sollte die neue

„Anleitung zur ersten Hilfe bei Unfällen“

nach Fertigstellung des Wortlautes durch den Verband der Deutschen Berufsgenossenschaften dem Vorstande zur Genehmigung und Inkraftsetzung mit dem 1. Januar 1932 zugeleitet werden.

Die Arbeiten an dieser neuen Anleitung sind nunmehr abgeschlossen; sie haben zu dem nachstehend wiedergegebenen Wortlaut geführt.

Der Vorstand hat dem Wortlaut zugestimmt, so daß diese neue Anleitung mit dem 1. Januar 1932 in Kraft tritt.

Gleichzeitig wird die bisherige

„Anleitung zur ersten Hilfeleistung bei Unfällen im elektrischen Betriebe“ vom 1. Juli 1907 mit dem 1. Januar 1932 außer Kraft gesetzt.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

Anleitung zur ersten Hilfe bei Unfällen.

Aufgestellt vom Verbande der Deutschen Berufsgenossenschaften unter Mitwirkung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.

Gültig ab 1. Januar 1932[1].

A. Wunden.

Wunde nicht berühren! Wunde nicht auswaschen! Auch die schmutzige Wunde nicht! Auch nicht mit Karbolwasser, Sublimat. Aber womöglich Wundumgebung mit 5 %-iger Jodtinktur bestreichen. Dann: Wunde sofort bedecken!

Womit? Nur mit keimfreiem, trockenem, gebrauchsfertigem Schnellverband (Verbandpäckchen — Gebrauchsanweisung aufgedruckt). Nicht mit anderen Stoffen (Zeug, Watte, Putzwolle, altes Leinen). Wenn kein keimfreier Verbandstoff vorhanden, Wunde offen lassen, bis der Arzt hilft.

Nur bei oberflächlichen Wunden, insbesondere an den Fingern, ist Pflasterverband (elastisches Heftpflaster mit Verbandeinlage) ausreichend, darüber Lederfingerling.

Verletztes Glied beim Anlegen des Verbandes steil hochheben, besonders auch, wenn es trotz Verbandes durchblutet.

Bei größeren oder tieferen Wunden und bei allen Wunden (auch kleinen) in der Nähe der Gelenke, besonders an den Fingern und nahe dem Kniegelenk, ist schleunige Inanspruchnahme des Arztes, am besten eines Facharztes für Chirurgie geboten, wenn irgend möglich innerhalb von 6 h vom Unfall an gerechnet.

Besondere Arten von Wunden.

1. **Schlagaderblutungen,** erkennbar daran, daß das Blut im Bogen stoßweise aus der Wunde spritzt.

Blutstillung durch Absperren der Schlagader! Entweder das oberhalb der Wunde gelegene Gelenk (Hüft-, Knie- oder Ellenbogengelenk) bis zum äußersten beugen und in dieser Lage feststellen durch Binde oder Tuch (Abb. 1). Oder, wenn das nichts nützt, durch fest angezogenen Schnellverband (Verbandpäckchen) Blutung stillen. Nur wenn auch das nicht genügt, Abschnüren durch Abbindegurt am entblößten Oberarm oder Oberschenkel. Notfalls statt des Gurtes Hosenträger oder dgl. Möglichst rasch zum Arzt, weil abgeschnürte Glieder nur kurze Zeit lebensfähig bleiben! Nach spätestens 1 h bei stärkst gebeugtem Gliede Abschnürung lockern, jedoch bei starkem Blutverlust alsbald wieder anziehen.

Abb. 1.

2. **Brandwunden!** Brandblasen nicht öffnen! Kleinere Brandwunden mit Schnellverband (Verbandpäckchen) oder mit einer kühlenden, schmerzstillenden Brandbinde (Wismuth- oder Vasenolbrandbinde) bedecken. Kein Brandpulver, kein Öl, keine Salbe!

Bei größeren Verbrennungen überhaupt kein Verband, vielmehr nur den Verbrannten gegen Wärmeverlust durch Zudecken schützen, aber ohne mit der Decke die verbrannte Stelle zu berühren (Decke über Drahtgestell, Reifenbahre, Stuhl).

3. **Stichwunden!** Auf Stichwunden womöglich einen Tropfen Jodtinktur!

4. **Innere Blutungen!** Bei allen inneren Blutungen (aus Lungen oder Magen) den Kranken ruhig liegen lassen. Nur der Arzt kann helfen, deshalb diesen schleunigst zuziehen!

5. **Augenverletzungen!** Beide Augen — auch das unverletzte — zubinden (mit Schnellverband, Taschentuch, Halstuch). Bei Verätzung (durch Kalk, Säure usw.) das Auge mit fließendem Wasser reichlich ausspülen (ausschwemmen, Abb. 2)

Abb. 2.

Schnell zum Augenarzt!

B. Knochenbrüche (Verrenkungen).

Schienen! Das heißt Ruhigstellung des gebrochenen Gliedes und Feststellung der Bruchstücke. Dieses auch, wenn nur Verdacht eines Bruches (Verrenkung) besteht.

Keinesfalls ziehen an dem verletzten Glied, oder versuchen, es gerade zu richten oder einzurenken!

Die Schienen (am besten Kramersche Gitterschienen) so anlegen, daß die der Bruchstelle benachbarten Gelenke mit festgestellt werden. Schienen gut festmachen durch Binden, Tücher, Strohseil usw., am Arm eine Schiene, am Bein zwei Schienen.

Wenn keine vorbereiteten Schienen vorhanden, so behelfsmäßig bei Armbruch

[1] Angenommen durch den Vorstand im August 1931.

Anlegung einer Binde (dreieckiges Tuch), mindestens aber Festheften des Rock- oder Hemdärmels an der Kleidung (Abb. 3).

Bei Beinbruch Bretter, Stiele usw. als Schienen benutzen. Ist auch hiervon nichts vorhanden, das gebrochene Bein an dem gesunden festbinden (Abb. 4).

Bei Knochenbrüchen mit Wunden (offener Bruch) zuerst sofort Wunde mit Schnellverband bedecken, erst dann schienen!

Bei Rückenverletzungen soll der Nothelfer gar nichts machen, nur den Verletzten flach auf eine feste Unterlage lagern (Brett, ausgehobene Tür, Fensterlade oder Bettlade).

Abb. 3.

C. Unfälle durch den elektrischen Strom (auch bei Niederspannung).

Strom ausschalten! Den dadurch abstürzenden Verletzten auffangen!

Abb. 4.

Wenn Strom nicht auszuschalten:

Bei Spannungen unter 1000 V:

Der Retter stelle sich, um sich zu isolieren, auf Glas (Glasscheiben in der Nachbarschaft zertrümmern und mehrfach übereinander legen) und trenne mit Holzstange den Verunglückten von der Leitung.

Bei Spannungen über 1000 V:

Weder Leitung noch Verunglückten berühren (Lebensgefahr!).

Bei Bewußtlosigkeit sofort (nicht erst entkleiden) künstliche Atmung an Ort und Stelle (kein Transport) einleiten, am besten nach Silvester-Brosch (siehe H). Kein Sauerstoff! Wegen der großen Eilbedürftigkeit auch zunächst keine Beatmungsgeräte verwenden.

D. Vergiftungen durch Gase.

Frische Luft schaffen! (Fenster auf oder ins Freie bringen.) Bei brennbaren Gasen kein offenes Licht!

Den Vergifteten nach Entkleidung des Oberkörpers flach auf den Rücken lagern, Kopf tief. Zu diesem Zweck Rolle (aus Kleidern) unter die Schulterblätter schieben. Keine Flüssigkeit einflößen. Handflächen und Fußsohlen bürsten oder reiben. Wenn der Vergiftete nicht atmet, künstliche Atmung nach H, möglichst mit Sauerstoff. Nach Möglichkeit nebenher sofort Lobelineinspritzung zur Anregung der Atmung.

E. Unfälle durch Ertrinken.

Bei der Rettung den Ertrinkenden nur von hinten fassen[2]. Mund und Nase von Sand und Schlamm reinigen. Hierauf den Bewußtlosen zunächst auf den Bauch legen, erst dann umdrehen und lagern. Hierauf Wiederbelebung nach H.

F. Unfälle durch Erfrieren.

Erstarrte Glieder brechen leicht. Die erstarrten Glieder vorsichtig mit Schnee oder kaltem Wasser reiben. Den Erfrorenen nicht in warmen Raum bringen, aber bei starkem Frost auch nicht im Freien lassen.

[2] Lernt Rettungschwimmen! (Deutsche Lebensrettungs-Gesellschaft).

G. Unfälle durch Hitzschlag.

Kleidung öffnen! An schattigem Ort lagern! Kopf hochlegen! Mit kühlem Wasser besprengen. Wenn der Erkrankte nicht atmet, künstliche Atmung nach H.

H. Künstliche Atmung.

Dem Bewußtlosen nichts einflößen, ihn flach lagern, Rolle aus Kleiderstücken unter die Schulterblätter legen, Kopf stark zur Seite drehen! Der Helfer kniet hinter dem Kopf des Bewußtlosen, das Gesicht diesem zugewendet, faßt beide Arme oberhalb der Ellenbogen und führt sie langsam über den Kopf des Bewußtlosen bis ungefähr zum Erdboden! (Einatmung, Abb. 5).

Abb. 5.

Nach 2s Pause (zähle „ein und zwanzig, zwei und zwanzig") umfaßt der Helfer die Unterarme und führt sie in der gleichen Weise vorn auf den Brustkorb zurück und drückt ihn kräftig zusammen (Ausatmung, Abb. 6). Dieser Vorgang (Ein- und Ausatmung) wiederholt sich etwa 8- bis 10-mal in 1 min.

Abb. 6.

Falls Brustkorb, Schultern oder Arme verletzt sind, muß anders verfahren werden. Man führe dann die Atmung herbei durch abwechselndes Zusammendrücken und Wiederloslassen der untersten Rippen- und oberen Bauchgegend mit den flachen Händen, etwa 10- bis 12-mal in 1 min.

Die künstliche Atmung muß mindestens 2 h fortgesetzt werden, so lange, bis der Arzt sichere Todeszeichen feststellt. Womöglich Herbeischaffung und Verwendung eines Beatmungsgerätes.

I. Besonderes.

1. Äußere Verätzungen. Bei Verätzung durch Laugen oder Säuren sofort die verätzten Stellen unter reichlicher Wasserverwendung ausgiebig abspülen (zur Verdünnung der ätzenden Substanz). Vorher Kleidung herunter! Nachher Kleider wechseln!

Bei Laugenverätzung dem Wasser, wenn das Abspülen nicht unter der Wasserleitung oder Brause erfolgt, geringe Mengen Borsäure, Weinsäure, Zitronensaft

oder Hausessig zusetzen, bei Säureverätzung Seife zusetzen. Aber nur, wenn sofort zur Hand. Das Abspülen mit Wasser deshalb nicht aufhalten!

Weitere Versorgung wie bei Verbrennungen (siehe A, Ziffer 2).

2. Innere Verätzungen. Nach Verschlucken von Säuren Seifenwasser trinken, nach Verschlucken von Laugen Wasser mit ein wenig Borsäure, Weinsäure, Zitronensaft oder Hausessig trinken, in beiden Fällen hierauf Milch oder schleimige Getränke. Sofort zum Arzt!

SITZUNGSKALENDER.

Elektrotechn. Verein Breslau. 20. X. 1931, abds. 8 h, Elektrotechn. Inst. der T. H. gr. Hörsaal: Vortrag Dr. Hamm, „Überspannungschutz und Stationsbau".

Elektrotechn. Gesellschaft Hannover. 20. X. 1931, abds. 8¼ h, Hörsaal 42 der T. H.: Vortrag Dr. Löbl, „Schutzmaßnahmen in Niederspannungsnetzen".

Elektrotechn. Verein Leipzig. 20. X. und 17. XI. 1931, abds. 8 h, Neues Grassimuseum, Eing. Rabensteinpl.: Vortrag über Kurzschlußmotoren mit verbess. Anlaufverhältnissen".

Elektrotechn. Gesellschaft Magdeburg. 21. X. 1931, abds. 8¼ h, Aula der Ver. Techn. Staatslehranstalten für Maschinenwesen, am Krökentor 1: Vortrag Dipl.-Ing. F. Moertzsch, „Grundsätzliches zur Frage des el. Kochens".

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

W. Pinkert †. — Im Juli d. J. starb im Alter von 61 Jahren der Abteilungsdirektor bei der Oberpostdirektion Hamburg, Wilhelm Pinkert. Sein Dienst bei der Reichspost hat in Frankfurt a. M. begonnen und führte ihn über Berlin und Breslau im Jahre 1902 zum Telegraphenversuchsamt in Berlin. Dort trat er als Assistent von Prof. Zehnder besonders bei den wissenschaftlichen Ausbildungskursen für höhere Beamte hervor, so daß ihm die technische Leitung des Aufbaues der Fernsprechzentrale in Hamburg übertragen wurde. Er löste diese Aufgabe glänzend, nicht zuletzt durch eigene Entwicklungsarbeiten, z. B. hinsichtlich eines gegen Hochwasser geschützten Kabelnetzes, mit besonderen Druckluftanlagen zur schnellen Ermittlung von Kabelmantelbrüchen.

Nach der Fertigstellung dieser Anlage im Jahre 1910 widmete sich Pinkert der Verbesserung der Verständigung in den Fernleitungen. Er schlug eine methodische Anwendung von Kreuzungen und Platzwechseln der oberirdischen Fernleitungen vor; seine Vorschläge erwiesen sich als praktisch wertvoll, und das Verfahren wurde von ihm in der Kriegszeit weiter entwickelt und dem neu aufkommenden Verstärkerbetrieb angepaßt, während er in Belgien und Polen am Wiederaufbau des zerstörten Fernsprechnetzes tätig war. Nach dem Kriege leitete W. Pinkert den Umbau der gesamten Fernlinien der Reichspost und nahm am Wiederaufbau des Schnellverkehrs im rheinisch-westfälischen Industriegebiet hervorragenden Anteil.

Persönliche Gründe veranlaßten ihn zur Rückkehr nach Hamburg, wo er — zuletzt als Abteilungsdirektor und ständiger Vertreter des Präsidenten — viel zur Förderung des Telegraphen-, Fernsprech- und Funkwesens beigetragen hat. Mit seinem Namen sind u. a. die Einführung des Rundfunks in Hamburg, die Errichtung der Schnellverkehrsnetze Hamburg und Lübeck sowie des Selbstanschlußbetriebes in Groß-Hamburg eng verknüpft.

In dem Entschlafenen ist ein Mann von reichem Wissen und außerordentlichen Fähigkeiten, von klarem Urteil und nicht zu übertreffender Pflichttreue dahingegangen. Herzensgüte und Hilfsbereitschaft gewannen ihm die Liebe aller, die mit ihm in nähere Berührung treten durften.

BRIEFE AN DIE SCHRIFTLEITUNG.

(Der Abdruck eingehender Briefe erfolgt nach dem Ermessen der Schriftleitung und ohne deren Verbindlichkeit.)

Gleichstrom-Hochspannungs-Kraftübertragungen mit gesteuerten Entladungseinrichtungen.

Nach dem Bericht über die gemeinsame Tagung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker und der Vereinigung der Elektrizitätswerke zu Frankfurt a. M., an der teilzunehmen mir leider nicht möglich war, wurden seitens der verschiedenen Herren Redner auch die Probleme der Gleichstrom-Hochspannungs-Kraftübertragungen mit gesteuerten Entladungseinrichtungen behandelt oder gestreift, u. zw. besonders im Hinblick auf Betriebsicherheit, Wirtschaftlichkeit sowie Urheberschaften oder erste Angaben.

Es möchte von Interesse sein, wenn ich dazu heute im Anschluß an meine früheren Aufsätze zunächst z. B. noch auf das nach meinen Angaben aus wechselnd deutscher und amerikanischer Praxis am 28. III. 1918 gemeldete amerikanische Patent Nr. 1 364 129 hinweise, das sich mit der Anwendung reiner Elektronen- wie Ionenströme für Parallel- wie Reihensysteme, im besonderen mit Gittersteuerung beschäftigt, von dem ich den zweiten der 14 Patentansprüche wie folgt zitieren darf:

„In a system of electrical power transmission and distribution, in combination, alternating current generator and motor stations, electroionic power rectifying means associated with the former and electroionic power reconverting frequency determinating means associated with the latter."

Mit Fragen des Betriebes und der Wirtschaftlichkeit, die ich übrigens seit 1929 in Sondervorlesungen neben der allgemeinen technischen Elektronik und dem Gleichrichter- und Steuerumformerbau berücksichtige, beschäftigen sich meine nächsten Aufsätze, von denen sich der eine im Druck befindet und demnächst in der ETZ erscheinen wird. Über manche Dinge ist allerdings die in den letzten Jahren geübte Zurückhaltung auch weiter am Platze.

Braunschweig, Institut für technische Elektronik der Technischen Hochschule, 1. X. 1931.

F. W. Meyer.

LITERATUR.

Besprechungen.

Handbuch der Experimentalphysik. Unter Mitwirk. zahlr. Fachgen. herausg. v. W. Wien † u. F. Harms. Unter Mitarb. v. H. Lenz. Bd. 10, Teil 1: Das elektrostatische Feld. Von Prof. G. Hoffmann. Teil 2: Hochspannungstechnik. Von Prof. W. O. Schumann. Mit 252 Abb., XI u. 576 S. in gr. 8°. Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H., Leipzig 1930. Preis geh. 53 RM, geb. 55 RM.

Im Rahmen des Gesamtwerkes hat der Band 10 für den Elektrotechniker, zumal für den Laboratoriumsingenieur, besondere Bedeutung.

Beide Gebiete des Bandes 10 überschneiden sich. Infolgedessen lassen sich, rein äußerlich gesehen, Wiederholungen im Interesse der Geschlossenheit der beiden Arbeiten nicht vermeiden.

Beide Arbeiten zeichnen sich durch klare Darstellung des umfangreichen Stoffes aus; umfassende Literaturhinweise und übersichtliche Sach- und Namenregister erleichtern die Benutzung des Handbuches sehr. Auch die Einrichtung des Nachtrags zu dem Abschnitt Hochspannungstechnik ist außerordentlich zu begrüßen, weil dadurch das Buch dem neuesten Stande angepaßt ist. Vielleicht findet der Verlag einen Weg, durch Herausgabe von solchen Nachträgen das Werk so lange auf modernem Stande zu halten, bis sich aus anderen Gründen eine Neuauflage notwendig macht.

Im I. Teil, Das elektrostatische Feld, von G. Hoffmann, Halle, werden nach Abgrenzung der zur Elektrostatik im engeren Sinne zu rechnenden Gebiete und einer geschichtlichen Übersicht in Form einer Zeittafel die Grundgleichungen des stationären Feldes zusammengestellt und diskutiert. Bei der Besprechung der Meßsysteme werden die zumal für die Hochspannungstechnik wichtigen Umrechnungsmöglichkeiten behandelt, da die Grundlagen des Gaußschen Systems, wie vom Verfasser des Abschnittes besonders betont wird, zu sehr von der Genauigkeit der experimentell schwierigen Ermittlung mechanischer Wirkungen abhängen, während die Grundgrößen des legalen Systems, Volt und Ohm, gesetzlich festliegen, also nicht mehr Meßzufälligkeiten unterliegen. Auch zu den CGS-Systemen werden die Beziehungen festgelegt.

Bei der Wiedergabe der Ableitung der Kapazitäten für verschiedene Leiteranordnungen finden technisch

wichtige Fragen wie die Kapzitätsverteilung beim Schutzringkondensator, der Durchgriff bei Verstärkerröhren, die Randverhältnisse bei Dreiplattenkondensatoren unter anderen die gebührende Berücksichtigung.

Bei den Anwendungen der Grundgesetze auf Apparate hat besonders die Ausführlichkeit der Zusammenstellung von Instrumenten und Konstruktionsarten von Instrumenten zur unmittelbaren Messung hoher Spannungen Bedeutung mit Rücksicht auf die Schwierigkeit der Messung hoher Spannungen mit der Kugelfunkenstrecke, deren Klärung trotz Mitarbeit vieler Laboratorien bisher nicht ganz einwandfrei geglückt ist. Dieser Abschnitt betrifft das besondere Arbeitsgebiet des Verfassers und hat deshalb bei der Behandlung eine gewisse Bevorzugung erfahren, die auch für die Technik mit Rücksicht auf die eben erwähnte Frage der Spannungsmessung sehr zu begrüßen ist.

Nach einem Überblick über die für den Techniker wohl mehr historisch interessanten Elektrisiermaschinen widmet der Verfasser den Kondensatoren einen wiederum von sehr ausführlichen Literaturangaben unterstützten Abschnitt. Die für Ionenmessungen in der Radioaktivität und Strahlenforschung wichtigen elektrometrischen Messungen von Elektrizitätsmengen und die hauptsächlichsten Methoden der Kapazitätsmessung werden besprochen und die elektrometrische Strommessung und die Bestimmung hoher Widerstände kurz gestreift.

Von dem Gedanken ausgehend, daß auf einem Gebiete wie dem der Dielektrizität die Theorie einer planvollen Forschung die Wege weisen müsse, behandelt der Verfasser, nach einem Überblick über die Theorien für das idealisierte Dielektrikum, die für das nichtideale Dielektrikum und die Theorien des elektrischen Durchschlags, wie die Theorie des Wärmedurchschlags nach K. W. Wagner, des elektrischen Durchschlags von Rogowski—Karman und die vermittelnde Theorie des wärmeelektrischen Durchschlags von Rogowski. Ferner finden die verschiedenen Methoden der Bestimmung der Dielektrizitätskonstante und anschließend die besonderen Erscheinungen bei gasförmigen und flüssigen Dielektricis eine kritische Würdigung.

Entsprechend der Gliederung der Theorien erfolgt auch die Behandlung der wichtigen Größen, so der Methoden zur Messung der Dielektrizitätskonstanten, der Messung der dielektrischen Anomalien und der dielektrischen Festigkeit. Über dielektrische Nachwirkungserscheinungen in physikalisch und technisch interessierenden Stoffen bei verschiedenen Frequenzen angestellte Untersuchungen, die verschiedenen Arbeiten über die Leitfähigkeit und die diese beeinflussenden Faktoren, wie Polarisation, Temperatur, Feldstärke und Struktur, werden diskutiert. Ein kurzer Abschnitt ist der dielektrischen Rotation gewidmet. Ihm schließt sich eine gedrängte Behandlung der experimentalphysikalischen Seite der dielektrischen Festigkeit an. Die Elektrostriktion und elektrische Doppelberechnung unter besonderer Berücksichtigung der grundlegenden Arbeiten von Kerr, die Arbeiten über elektrostatische Oberflächenerscheinungen, mit besonderer Berücksichtigung der Elektrokapillarität, des Johnsen-Rahbek-Effekts, des Elektronenaustritts bei hohen Feldstärken und der Lichtenbergschen Figuren werden vom experimentellen Standpunkt aus eingehender betrachtet.

Ein letzter Abschnitt über Elektrizitätserregung behandelt eingehend Berührungs- und Reibungselektrizität und Pyro- und Piezoelektrizität.

Auch der II. Teil, Hochspannungstechnik, von Wienfried O. Schumann, München, ist zunächst für den experimentierenden Physiker geschrieben. Jedoch kann man wohl mit gutem Recht sagen, daß er in gleichem Maße den Techniker, vornehmlich den im Laboratorium tätigen, interessiert. Nach einer kurzen Behandlung des Leistungstransformator-, Meßwandler- und des Prüftransformatorenproblems mit besonderer Berücksichtigung der Spannungsregelungsmöglichkeiten, wobei vor allem die Feststellung der PTR interessiert, daß Regelung mittels veränderlicher Vorwiderstände keine ungünstige Veränderung der Spannungskurve mit sich bringt, wie man zunächst erwarten sollte, werden die Wege zur Erzeugung hoher Hochfrequenz-, Gleich- und Stoßspannung ausführlich beschrieben und durch reichhaltige Literaturnachweise unterstützt. Die Meßmethoden bei Hochspannung, die Eichung der Meßwandler, die Frage der Spannungsteiler für hohe Spannungen und die Kombination von Widerstands- und kapazitiven Spannungsteilern mit Meßwandlern und Meßinstrumenten wird durch besonders interessierende Beispiele beleuchtet, ebenso die Meßmethoden zur Bestimmung des Höchstwertes einer Wechselhochspannung. Ausführlich geht der Verfasser auf die jetzt wieder in Fluß befindliche Frage der Spannungsmessung mittels Entladeerscheinungen ein, die durch seine und seiner Schüler Arbeiten ganz wesentlich gefördert worden ist. Auch die neuesten Meßmittel wie Kathodenstrahloszillograph und Klydonograph und die von L. Binder und seiner Schule entwickelten Methoden zur Messung von Wanderwellenstirnen werden ihrer Bedeutung entsprechend eingehend gewürdigt. Die Betrachtung der Feldverteilung in geschichteten Dielectricis, der Feldformung durch besondere Steuerung oder Schirmung als Maßnahmen zur Beeinflussung des Überschlags oder Durchschlags, der Entladungserscheinungen an den Trennflächen von Dielectricis, oder beispielsweise zwischen festen Dielectricis und Luft, unter Berücksichtigung der in der Technik besonders unangenehm empfundenen Gleiterscheinungen, wird vom experimentellen Standpunkt aus durchgeführt. Der Abschnitt über Schalter und Schalten erscheint für die den Vorgängen ferner Stehenden etwas stark zusammengedrängt. Der Grund liegt darin, daß diese Lichtbogenvorgänge an anderer Stelle des Handbuches ausführlicher behandelt worden sind. In § 6 des Kapitels über Korona (technische Gewitterliteratur) werden nur Literaturangaben gebracht, weil auch diese Frage an anderer Stelle des Handbuches ausführlicher behandelt wird. Anderseits sind wesentliche Erkenntnisse, wie der Nachtrag zeigt, erst nach Beendigung der Niederschrift gewonnen worden, so daß die Kürze des § 6 sich auch dadurch erklärt. Im letzten Kapitel wird zu der Frage des elektrischen Durchschlags nochmals eingehend Stellung genommen, nachdem bereits vorher diese Frage in anderem Zusammenhang kurz gestreift wurde. Außer der von Liljeblad und K. W. Wagner wohl zuerst entwickelten Theorie des wärmeelektrischen Durchschlags fester Körper, die von W. Rogowski durch die Vorstellung des wärmeelektrischen Durchschlags ergänzt wird, wird die von W. O. Schumann selbst besonders geförderte Theorie des rein elektrischen Durchschlags im Zusammenhang mit den mechanischen Eigenschaften der Körper behandelt. Über den Einfluß der Feldverteilung vor dem Durchschlag, den Temperatur- und Druckeinfluß auf den Durchschlag fester Körper, Durchschlagsversuche bei Stoß, Einfluß der verschiedenen Frequenzen wird zusammengefaßt berichtet. Der großen Bedeutung der Leitfähigkeit der Dielektrika für das Durchschlagphänomen entsprechend, werden die hier einschlägigen Arbeiten eingehend referiert und auch im Nachtrag reichlich ergänzt.

In einem letzten Abschnitt werden die Durchschlagserscheinungen bei Flüssigkeiten mit besonderer Berücksichtigung der reinen Flüssigkeiten und der technisch wichtigen Isolieröle behandelt. Auch hier bringt der Nachtrag die Ausführungen auf den neuesten Stand.

Harald Müller.

Spanlose Formung der Metalle. Von G. Sachs unt. Mitw. v. W. Eisbein, W. Kuntze u. W. Linicus. (Zugleich als Sonderh. 16 d. Mitt. d. dt. Materialprüfungsanstalten erschienen.) Mit 235 Abb. u. 127 S. in 4°. Verlag Julius Springer, Berlin 1931. Preis 26 RM; geb. 28 RM.

Das Buch ist eine Zusammenstellung der nachstehenden vier, nach einheitlichen Richtlinien durchgeführten Forschungsarbeiten: Untersuchungen über Tiefziehen. Von G. Sachs (nach Versuchen mit W. Riem); Versuche über die Eigenschaften gezogener Drähte und den Kraftbedarf beim Drahtziehen, von W. Linicus und G. Sachs; Kraftbedarf und Fließvorgänge beim Stangenpressen, von W. Eisbein und G. Sachs; Eindruckvorgänge in Metallen, von W. Kuntze und G. Sachs. Der Zusammenstellung ist eine Einleitung von G. Sachs „Zur Einführung in die Technologie der spanlosen Formung" vorangestellt, in der kurz die allgemeinen Gesichtspunkte für die spanlose Formung behandelt werden. Die einzelnen Forschungsarbeiten zerfallen jeweilig in einen praktischen und einen theoretischen Teil. Durch sie sollen möglichst weitgehend die grundsätzlichen Zusammenhänge der Formungsvorgänge aufgedeckt werden, u. zw. in erster Linie in Hinblick auf den Kraft- bzw. Arbeitsbedarf und die dadurch bestimmte natürliche Grenze eines einzelnen Arbeitsganges. Das Buch enthält eine Fülle ernstester Forschungsarbeit und ist ein Schritt weiter auf dem Gebiete der theoretischen Technologie. Es kann nur warm empfohlen werden.

Witt.

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Italiens elektrotechnischer Außenhandel[1]. — Nach den in folgender Übersicht zusammengestellten Angaben der L'Energia el. ist 1930 die Einfuhr elektrotechnischer Erzeugnisse dem Wert nach gegen das Vorjahr um 5 % zurückgegangen. Was die importierten Mengen angeht, so ergibt sich eine Verringerung um 13 %, die alle in der Zahlentafel genannten Erzeugnisse mit Ausnahme von Generatoren, ruhenden Transformatoren, Radiogerät, Isolierrohren, Glasisolatoren und isolierten Drähten betraf. Die Ausfuhr war wertlich um 3,7 % und mengenmäßig um 12,6 % schwächer als 1929; Stromerzeuger, Ofenelektroden und Brennstifte, Porzellanisolatoren, Isolierrohre und Kabel hat Italien im Berichtsjahr weniger exportiert als 1929.

Erzeugnisse	Einfuhr				Ausfuhr			
	Mengen in dz		Wert in 1000 Lire		Mengen in dz		Wert in 1000 Lire	
	1930	1929	1930	1929	1930	1929	1930	1929
Generatoren	26 775	20 936	55 075	47 605	25 733	27 846	32 458	34 824
Akkumulatoren und Teile	5 593	7 640	5 537	7 815	2 883	1 934	2 492	1 867
Transformatoren	5 248	4 855	8 078	7 667	2 699	2 595	1 707	1 942
Meßinstrumente	303	372	4 979	5 784	61	35	469	264
Elektrizitätszähler	1 602	2 172	6 833	8 646	295	160	592	377
Telegraphen- und Fernsprechapparate	6 374	6 868	57 764	68 893	349	254	1 316	1 100
Radiogerät	16 392	9 579	88 766	76 276	721	316	3 597	1 967
Verschiedene elektrische Vorrichtungen	19 389	23 420	64 565	71 640	12 675	8 301	15 449	13 682
Ofenelektroden	22 561	41 896	9 713	11 913	1 121	3 001	248	394
Lampenbrennstifte	1 882	1 954	3 365	3 948	21	95	20	45
Bogenlampen	8	13	40	57	—	3	—	19
Glühlampen	2 920	4 144	24 061	32 640	1 323	1 319	8 040	7 192
Glaskolben dazu	2 797	4 587	3 415	5 534	—	3	—	3
Isolierrohre	128	65	102	53	91	159	148	178
Isolatoren	1 463	3 307	1 321	2 379	2 852	3 260	1 549	1 980
Isolierte Drähte	1 738	1 326	2 785	2 709	7 552	4 746	7 985	5 998
Isolierte Kabel	2 296	2 299	2 109	2 594	21 029	36 850	9 442	16 995
Summe	117 469	135 433	338 508	356 153	79 405	90 877	85 512	88 827

Der elektrotechnische Bedarf Neuseelands[2]. — Der jährliche Bedarf Neuseelands an elektrotechnischen Erzeugnissen kann gegenwärtig auf annähernd 50 Mill RM geschätzt werden, was bei einer Einwohnerzahl von etwa 1,5 Millionen eine Kopfziffer von 30 bis 35 RM ergibt. Er wird in der Hauptsache durch Einfuhr gedeckt, wie überhaupt die Wirtschaft Neuseelands in besonders hohem Grade vom Import abhängig ist. Wie El. Review[3] berichtet, verzeichneten 1928/29 die 5136 industriellen Betriebe des Dominions einen Produktionswert von 93,172 Mill £, wovon allerdings über die Hälfte auf das Nahrungsmittelgewerbe entfiel. 584 Metall-, Geräte- und Maschinenbauunternehmungen erzeugten Waren im Wert von 5,216 Mill £; 30 Werke mit 3741 Beschäftigten und einem Produktionswert von 133 000 £ gehörten der Elektroindustrie an. Von der 2,09 Mill £ betragenden Gesamteinfuhr elektrotechnischer Waren des Jahres 1928/29, für das bisher nähere Angaben vorliegen, entfielen 55,2 % auf Großbritannien, 23,8 % auf die V. S. Amerika, 9 % auf Kanada, 2,3 % auf die Niederlande, 2 % auf Australien und je etwas unter 2 % auf Deutschland und Schweden. Stromerzeuger, Elektromotoren, Transformatoren und Kabel wurden größtenteils von Großbritannien, Kochgeräte von Kanada, Batterien, Elemente, Telegraphen- und Fernsprechgeräte sowie Radioapparate hauptsächlich von den V. S. Amerika geliefert. Im Jahr 1929/30 ist der Wert des Elektroimports auf 2,183 Mill £ gestiegen, der Anteil Großbritanniens hat sich etwas verkleinert, derjenige der V. S. Amerika dagegen vergrößert.

Mit einem weiterhin günstigen Verlauf der Entwicklung der Elektroeinfuhr kann angesichts der vorgeschrittenen Elektrizitätsversorgung gerechnet werden. Die umfangreichen Energievorräte des Dominions sind dem Ausbau der Elektriztätswirtschaft günstig. Die sicheren und wahrscheinlichen Kohlenvorräte betragen 928 Mill t für Stein- und 1503 Mill t für Braunkohle; der Wasserkraftreichtum, der unter Annahme einer Ausnutzungsmöglichkeit von 50 % auf knapp 5 Mill PS geschätzt worden ist, entfällt zu nahezu 80 % auf die Südinsel, wo die Gebiete von Otago und Canterbury mit insgesamt 3,7 Mill PS wiederum die Hauptreserven enthalten. Die öffentliche Elektrizitätsversorgung liegt größtenteils in Händen des Staats, der bis Ende März 1930 rd. 10 Mill £ für Wasserkraftanlagen aufgewandt hatte. Die Leistung der mit Staatsmitteln ausgebauten Wasserkräfte betrug:

Ende 1923	52 244 PS
„ 1929	157 418 „
„ 1930	260 434 „

Von 1925/26 bis 1929/30 stieg die Höchstbelastung der Werke von 39 790 auf 109 520 kW und der Elektrizitätsabsatz von 166 auf 445 Mill kWh. Zu den staatlichen Werken kommt noch eine Reihe kleiner öffentlicher und betriebseigener Anlagen mit einer installierten Leistung von insgesamt etwa 35 000 kW. Die Hauptverbrauchsgebiete sind natürlich die großen Städte, u. zw. (1929) auf der Nordinsel Wellington mit 84 und Auckland mit 155, auf der Südinsel der Canterbury-Distrikt mit 81 Mill kWh. A. Fr.

Elektrotechnischer Außenhandel der V. S. Amerika[1]. — Wie vorläufige Angaben besagen, hatte die Ausfuhr elektrischer Maschinen, Apparate und Zubehörteile im Juli 1931 einen Wert von 7 269 833 $, d. s. 2 251 084 $ oder 23,6 % weniger als im Parallelmonat des Vorjahres (9 520 917 $). Diese Abnahme erstreckte sich hauptsächlich auf Transformatoren, Elektromotoren, Fernsprecheinrichtungen, nicht näher bezeichnete elektrische Apparate und isoliertes Leitungsmaterial aus Kupfer. Der Export von Umformern, industriellen Wärmeapparaten und Öfen sowie von Radioempfängern hat merklich zugenommen. In den abgelaufenen sieben Monaten stellte sich der Export auf 57 761 229 $ und war damit um 23 329 907 $ bzw. 29 % geringer als in der gleichen Periode von 1930 (81 094 136 $).

Aus der Geschäftswelt. — Eine Reise des Herrn Dr. C. F. v. Siemens nach Amerika hat zu Kombinationen über einen engeren Zusammenschluß des Siemens-Schuckertkonzerns mit der AEG veranlaßt, bei dem die General Electric Co. die Rolle des Vermittlers spielen sollte. Nach der Frankf. Zg. sind solche Bestrebungen, soweit sie das Starkstromgeschäft betreffen, z. Z. nicht aktuell, wohl aber könnten Verhandlungen des Herrn v. Siemens evtl. den Zweck haben, „die etwas durcheinander geratenen internationalen Beziehungen auf dem Schwachstromgebiet zu bereinigen".

Ein Merkbuch für den deutschen Außenhandel. — Die Zentralstelle für Außenhandel hat ein Merkbuch herausgegeben, das die Angaben in den Merkblättern für den deutschen Außenhandel ergänzt und Ausführungen über Anbahnung und Durchführung von Geschäftsbeziehungen mit dem Ausland, den Verkehr der Exportfirmen mit den deutschen amtlichen Auslandsvertretungen usw. enthält. Es kann von der Kontinent und Übersee Verlagsgesellschaft m. b. H., Berlin W 9, Potsdamer Str. 10/11 für 3 RM einschl. Porto bezogen werden.

[1] El. World Bd. 98, S. 481 (1931). Vgl. ETZ 1931, S. 1240.

Bezugsquellenverzeichnis.

Frage 36: Welche Firma stellt Keilzwingen-Kabelschuhe mit nebenstehendem Fabrikzeichen her?

Abschluß des Heftes: 10. Oktober 1931.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 16 250 Expl.

[1] Vgl. ETZ 1930, S. 920.
[2] Vgl. ETZ 1928, S. 1768.
[3] Bd. 109, S. 77, 264 (1931).

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

ETZ

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

Inhalt von Heft 43 der ETZ

Inhalt des neuesten Heftes des Archiv f. Elektrotechnik

43. HEFT · 52. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9
(1321—1348)
22. OKTOBER 1931

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

52. Jahrgang — Berlin, 22. Oktober 1931 — Heft 43

VDE-Mitgliedsbeitrag für 1932.

Nach dem Beschlusse der Jahresversammlung vom 22. Juni 1931 bleibt der Jahresbeitrag für 1932 unverändert. Er beträgt:

A. Für persönliche Mitglieder, die durch einen angeschlossenen Verein angemeldet sind . . . . 30 RM
   Jungmitglieder . . . . . . 15 „
B. Für persönliche, dem Verbande unmittelbar angehörende Mitglieder 30 „
   Jungmitglieder . . . . . . 15 „
C. Für körperschaftliche Mitglieder:
   1. Behörden, Schulen, wissenschaftliche Vereine usw. . . . . 36 „
   2. Sonstige körperschaftliche Mitglieder, städt. und staatl. Betriebe, auch Eltwerke, Privatfirmen, offene Handelsgesellschaften, Gesellschaften mit beschränkter Haftung, Aktiengesellschaften usw., die beschäftigen:
      a) bis 50 Angestellte und Arbeiter . 50 RM
      b) von 51 bis 100 Angestellte und Arbeiter . . . . 75 „
      c) von 101 bis 250 Angestellte und Arbeiter . . . . 120 „
      d) von 251 bis 500 Angestellte und Arbeiter . . . . 150 „
      e) von 501 bis 1000 Angestellte und Arbeiter . . . . 300 „
      f) über 1000 Angestellte und Arbeiter auf Anfrage.

Verbandsmitglieder, die **keinem Ortsverein** angehören, zahlen ihre Beiträge über unser **Postscheckkonto Berlin 213 12,** während alle **übrigen** Mitglieder die Beiträge an den **Verein abführen, dem sie als Mitglied angehören,** und zwar an dessen untenstehend angegebenes **Postscheckkonto** oder Bankkonto.

Wir bitten wiederholt um **Beachtung** dieses Punktes, der auch in diesem Jahre leider nicht genügend beachtet worden ist, so daß die Zustellung der ETZ infolgedessen verzögert wurde.

Ganz besonders weisen wir die Mitglieder des Elektrotechnischen Vereins, Berlin, darauf hin.

Die Beiträge, auch die **Rückstände aus 1931,** sind **bis spätestens 15. November 1931** zu entrichten, da sonst eine ordnungsmäßige Zustellung der ETZ nicht gewährleistet werden kann.

Es wird gebeten, die Beiträge möglichst **im ganzen** zu zahlen, um den Schatzmeistern der Vereine und der Geschäftsstelle des VDE die Verrechnung zu erleichtern.

Durch undeutliche Anschriften und Namensangaben entstehen Verzögerungen in der Lieferung der ETZ und sonstige Unzuträglichkeiten, deshalb: **Deutliche Schrift!**

Im Ausland wohnende Mitglieder können durch Postanweisung bezahlen.

Bank- bzw. Postscheckkonten der Vereine:

Elektrotechnischer Verein in Berlin: Postscheckkonto Berlin 133 02.
E. V. Aachen: Bankkonto Deutsche Bank u. Disconto-Gesellschaft, Filiale Aachen; Postscheckkonto Deutsche Bank u. Disconto-Gesellschaft, Filiale Aachen, Postscheckamt Köln 2513 für El. Verein.
E. V. des Bergischen Landes: Postscheckkonto Professor E. Stöckhardt, Wuppertal-Elberfeld, Postscheckamt Köln 448 96 für El. Verein.
E. V. Braunschweig: Bankkonto Deutsche Bank u. Disconto-Gesellschaft, Filiale Braunschweig, Depositenkasse am Hagenmarkt; Postscheckkonto Ober-ing. Hans Jütting, Braunschweig, Postscheckamt Hannover 433 77 für El. Verein.
E. V. Breslau: Postscheckkonto Geschäftsführer A. Rupp (Vereinskonto) Breslau 479 28.
E. V. Chemnitz: Postscheckkonto Leipzig 119 093.
Deutsche E. G. zu Danzig: Postscheckkonto 1736 der Sparkasse der Stadt Danzig, zur Gutschrift auf Konto 1236 der Deutschen El. Gesellschaft zu Danzig.
Dresdner E. V.: Postscheckkonto Dresden 111 14.
E. V. Düsseldorf: Postscheckkonto Essen 239 47.
E. G. Frankfurt a. M.: Postscheckkonto Frankfurt a. M. 3342.
E. G. Halle a. S.: Postscheckkonto Leipzig 915 27; Bankkonto Genossenschaftsbank Halle a. S.
E. V. Hamburg: Postscheckkonto Hamburg 3989; Bankkonto Commerz- und Privatbank AG.
E. G. Hannover: Postscheckkonto Hannover 129 03.
Hessische E. G. Darmstadt: Postscheckkonto Frankfurt a. M. 2002.
E. V. Kassel: Postscheckkonto Frankfurt a. M. 206 39; Bankkonto Deutsche Bank u. Disconto-Gesellschaft und Dresdner Bank, Kassel.
E. G. Köln: Postscheckkonto Köln 576 66.
E. V. Leipzig: Postscheckkonto Leipzig 116 56.
E. G. Magdeburg: Postscheckkonto Magdeburg 2479; Bankkonto Commerz- und Privatbank AG. Magdeburg, Depositenkasse Staatsbürger-Platz.
E. V. Mannheim-Ludwigshafen, Mannheim: Postscheckkonto Karlsruhe i. Ba. 790 88; Bankkonto Deutsche Bank u. Disconto-Gesellschaft, Filiale Mannheim, Depositenkasse Heidelberger Straße.
E. V. München: Postscheckkonto München 242 83.
E. V. am Niederrhein, Krefeld: Postscheckkonto C. Wildermuth, Krefeld, Postscheckamt Essen 313 76 für El. Verein.
E. G. Nürnberg: Postscheckkonto Nürnberg 1964.
Oberrhein. E. V., Karlsruhe: Postscheckkonto Karlsruhe i. Ba. 4979.
Oberschles. E. V., Hindenburg, O.-S.: Postscheckkonto Breslau 494 94.
Ostdeutscher E. V., Königsberg: Postscheckkonto Königsberg Pr. 2018.
Pommerscher E. V., Stettin: Postscheckkonto Stettin 3312.
E. V. des Rhein.-Westf. Ind.-Bez., Essen: Postscheckkonto Essen 3992.
E. V. an der Saar, Saarbrücken: Bankkonto Gebr. Röchling, Saarbrücken 1.
Schleswig-Holsteinischer E. V., Kiel: Postscheckkonto Hamburg 142 63; Bankkonto Kieler Spar- u. Leihkasse, Giro-Konto 9201.
E. V. Südbaden, Freiburg i. Ba.: Postscheckkonto Karlsruhe i. Ba. 406 40.
Thüringer E. V., Erfurt: Postscheckkonto Erfurt 248 10.
E. V. Trier: Postscheckkonto Köln 216 54.
Württembergischer E. V., Stuttgart: Postscheckkonto Stuttgart 1906.

Verband Deutscher Elektrotechniker e. V.

Der Vorsitzende: Dr. Petersen. — Der Generalsekretär: P. Schirp.

Die Untersuchung amplituden- und frequenzmodulierter Sender*.

Von **W. Runge**, Berlin.

Übersicht. **Zur Untersuchung der bei der Modulation von Telephoniesendern auftretenden Nebenerscheinungen: Verzerrung, Frequenzmodulation, Phasenmodulation, wird ein Gerät angegeben, das nach einer Methode von Grützmacher die Amplituden der Komponenten einer modulierten Schwingung getrennt zu messen gestattet. Aus dem gemessenen Spektrum lassen sich die gesuchten Größen ermitteln.**

Zur Messung nichtlinearer Verzerrungen in der Tonfrequenztechnik speist man das zu untersuchende Gerät mit einer sinusförmigen Tonfrequenz. Der Ausgang wird mit Hilfe einer auf diese Tonfrequenz abgeglichenen Brücke untersucht. Bei der nichtlinearen Verzerrung entstehende Oberschwingungen der zugeführten Tonfrequenz treten dann im Nullzweig der Brücke auf und dienen als Maß für die Verzerrung. Zu der Untersuchung der nichtlinearen Verzerrungen eines modulierten Hochfrequenzsenders ist dieses Verfahren schlecht anwendbar, da der Sender, mit einer sinusförmigen Tonfrequenz gespeist, nicht einen Ton, sondern eine modulierte Hochfrequenzschwingung, d. h. also drei hochfrequente Schwingungen liefert. Untersucht man den nach der Gleichrichtung des Antennenstroms gebildeten tonfrequenten Strom, so besteht keine Sicherheit darüber, ob etwa wahrgenommene Verzerrungen vom Sender oder vom Gleichrichter stammen, da besonders bei hohen Modulationsgraden verzerrungsfreie Gleichrichter nicht bekannt sind.

Abb. 1. Hilfsender und Gleichrichter. An den „zum Hochfrequenz-Verstärker" bezeichneten Klemmen wird die zu untersuchende Schwingung eingeführt.

Im Telefunkenlaboratorium wurde daher ein Verfahren durchgebildet, das, auf der Methode von Grützmacher fußend, das Frequenzgemisch des modulierten Antennenstroms nach Lage und Größe seiner Frequenzkomponenten analysiert. Das ausgemessene Spektrum des Senders gestattet dann nicht nur Rückschlüsse auf das Maß der nichtlinearen Verzerrung, sondern auch auf Frequenzmodulation und Phasenmodulation des Senders als Nebenerscheinungen zur Amplitudenmodulation.

Das Grützmachersche Verfahren[1] besteht darin, daß man zu dem zu untersuchenden Schwingungsgemisch eine Hilfschwingung konstanter Amplitude und variabler Frequenz hinzufügt und diese Summe von Schwingungen in einer quadratischen Vorrichtung quadriert. Das quadrierte Frequenzgemisch wird einem nur auf sehr niedrige Frequenzen ansprechenden Wechselstrom-Indikator zugeführt. Bei der Quadrierung entstehen sämtliche Frequenzdifferenzen des quadrierten Gemisches als selbständige Frequenzen. Der Indikator zeigt also jedesmal dann und nur dann einen Ausschlag, wenn die Frequenzdifferenz zwischen der zugefügten Hilfschwingung und einer der Komponenten des Frequenzgemisches hinreichend niedrig geworden ist. Die von dem Indikator angezeigte Amplitude ist der Amplitude der untersuchten Komponente proportional. Bei einfachem Überstreichen des zu untersuchenden Frequenzgemisches mit der Frequenz der Hilfschwingung zeigt also der Wechselstrom-Indikator nacheinander sämtliche Amplituden an. Die Schaltung eines nach diesem Prinzip arbeitenden Gerätes zeigen die Abb. 1 und 2. Abb. 1 zeigt links einen rückgekoppelten Röhrensender kleiner Leistung und variabler Frequenz, welcher über eine als Trennrohr geschaltete Schirmgitterröhre die Hilfsschwingung an einen zur Quadrierung dienenden Gleichrichter liefert, dessen Gitter gleichzeitig von dem zu untersuchenden Frequenzgemisch gespeist wird. Um niedrige Schwebungen erzielen zu können, wurde großer Wert darauf gelegt, Mitzieherscheinungen zwischen dem zu untersuchenden Sender und dem die Hilfschwingung liefernden Sender zu vermeiden. Das gleichgerichtete Frequenzgemisch wird einem Niederfrequenz-Verstärker zugeführt

Abb. 2. Niederfrequenz-Verstärker für Frequenzen um 15 Hz.

(Abb. 2), welcher auf 15 Hz abgestimmt ist, an seinem Eingang einen Spannungsteiler trägt und mit seinem Ausgang auf ein Röhrenvoltmeter arbeitet. Der Spannungsteiler ist in Kehrwerten geeicht und in drei Zehnerpotenzen umschaltbar, so daß auch große Amplitudenunterschiede mit ihm gemessen werden können. Abb. 3 zeigt das Spektrum eines mit einem Ton modulierten Senders. Neben den Seitenschwingungen erster Ordnung treten noch solche höherer Ordnung auf, von denen insbesondere die zweiten von merklicher Amplitude sind. Die relative Größe der Seitenbänder erster Ordnung zum Träger ergibt den Modulationsgrad, das Verhältnis des Effektivwertes sämtlicher Seitenschwingungen höherer Ordnung zu der ersten Ordnung den die Verzerrung messenden „Klirrfaktor". Die Messung liefert also unmittelbar Modulationsgrad und Klirrfaktor des Senders.

Abb. 3. Spektrum eines mit einem Ton modulierten Senders. Neben den Seitenschwingungen erster Ordnung treten infolge Verzerrung noch solche zweiter Ordnung auf.

Bei derartigen Messungen fiel häufig auf, daß die Amplituden beider Seitenschwingungen erster Ordnung stark verschieden waren. Es zeigte sich, daß diese Erscheinung auf eine neben der Amplitudenmodulation auftretende Frequenzmodulation zurückzuführen ist und zur Bestimmung dieser Frequenzmodulation dienen kann. Ist nämlich die Frequenz ω eines Senders nicht konstant, sondern gegeben durch den Ausdruck

$$\omega = \omega_0 + q \sin f t,$$

wo q die größte Abweichung der Frequenz von ihrem Mittel und f die Modulationsfrequenz bedeuten, so hat die frequenzmodulierte Schwingung die Gestalt

$$U_f = \sin\left(\omega_0 t - \frac{q}{f}\cos f t\right).$$

Dann kann man schreiben

$$U_f = \sin \omega_0 t \cos\left(\frac{q}{f}\cos f t\right) - \cos \omega_0 t \sin\left(\frac{q}{f}\cos f t\right).$$

Beschränkt man sich auf kleine Werte von q/f, so hat man für $q/f \ll 1$:

$$U_f = \sin \omega_0 t - \cos \omega_0 t \frac{q}{f} \cos f t$$

$$= \sin \omega_0 t - \frac{1}{2}\,\frac{q}{f}\,[\cos(\omega_0 + f)\,t + \cos(\omega_0 - f)\,t].$$

* Auszug aus einem Vortrag, gehalten in der gemeinschaftlichen Sitzung des Elektrotechnischen Vereins und der Heinrich-Hertz-Gesellschaft zur Förderung des Funkwesens am 2. XII. 1930 in Berlin. — Besprechung auf S. 1343 dieses Heftes.

[1] Grützmacher, Z. techn. Phys. Bd. 8, S. 506 (1927); ferner Bd. 10, S. 570 (1929) und El. Nachr. Techn. Bd. 4, S. 533 (1927).

Moduliert man anderseits die Amplitude eines Senders, so ist die modulierte Schwingung gegeben durch

$$U_A = \sin \omega_0 t (1 + k \sin f t),$$

wo k den Modulationsgrad, f die Modulationsfrequenz bedeuten. Das kann man schreiben:

$$U_0 = \sin \omega_0 t - \frac{1}{2} k [\cos (\omega_0 + f) t - \cos (\omega_0 - f) t].$$

Man sieht, die bei beiden Modulationsarten entstehenden Seitenschwingungen besitzen die Frequenzen $\omega_0 \pm f$, die Phasen sind auf der einen Seite gleich, auf der anderen entgegengesetzt. Bei neben der Amplitudenmodulation auftretender Frequenzmodulation werden also die Seitenschwingungen auf der einen Seite sich addieren, auf der anderen subtrahieren. Aus dem bekannten Modulationsgrad k und der Differenz der Seitenschwingungs-Amplituden ergibt sich q/f, und daraus läßt sich die Frequenzschwankung q bestimmen.

Während auf diese Weise eine neben der Amplitudenmodulation auftretende Frequenzmodulation an der Ungleichheit der Seitenschwingungs-Amplituden tiefer Töne leicht erkannt wird, ist die unbeabsichtigte Phasenmodulation, also die neben der Amplitudenmodulation einhergehende periodische Veränderung der Phase des hochfrequenten Antennenstroms, bei Modulation des Senders mit einem Ton nicht ohne weiteres erkennbar. Auch sie liefert Seitenschwingungen im Abstand der Modulationsfrequenzen vom Träger, welche sich jedoch rechtwinklig zu den bei Amplitudenmodulation entstehenden addieren und deren kleine Beträge also nicht leicht gemessen werden können. Eine Phasenmodulation ist aber leicht zu bestimmen, indem man den Sender gleichzeitig mit einem hohen und einem tiefen Ton moduliert, wobei der Modulationsgrad so niedrig gewählt wird, daß die Bildung von Kombinationstönen ausgeschlossen ist. Eine neben der Amplitudenmodulation vorhandene Phasenmodulation moduliert dann auch die Phase der hohen Seitenschwingungen und erzeugt im Abstand der niedrigen Modulationsfrequenz von diesen neue Seitenschwingungen, deren relative Größe zu der Seitenschwingung des hohen Modulationstons die Bestimmung der Phasenmodulation gestattet.

Die Ausmessung des Spektrums eines modulierten Senders nach dem beschriebenen Verfahren gestattet also nicht nur die Bestimmung von Modulationsgrad und nichtlinearer Verzerrung, sondern liefert nebenbei auch noch die Größe der Frequenzmodulation und der Phasenmodulation, welche häufig als Nebenerscheinungen der Amplitudenmodulation auftreten. Die gemessenen Ergebnisse sind frei von solchen Fehlern, welche bei der Gleichrichtung des modulierten Antennenstromes auftreten würden.

Leitungschutz-Selbstschalter.

Von **A. Hermanni**, Berlin.

Übersicht. Nach Darlegung der Gründe, die zur Zeit einer vollkommenen Leitungsausnutzung und damit der ungehemmten Einführung elektrischer Haushaltgeräte hindernd im Wege stehen, werden Installations-Selbstschalter beschrieben, die eine höhere Dauerstromentnahme als die gebräuchlichen Schmelzsicherungen ermöglichen, aber trotzdem die Leitung gegen zu hohe Erwärmung zuverlässig schützen.

Von den Maßnahmen, welche zum Schutz der elektrischen Anlagen getroffen werden müssen, stellt der Schutz der Leitungen gegen übermäßige Erwärmung eine der wichtigsten dar. Die zur Anwendung kommenden Schutzmittel müssen diesem ihrem eigentlichen Zweck in vollkommenster Weise entsprechen, und es bedarf besonderer Untersuchung, ob sie wenigstens in ihren grundsätzlichen Formen bis zu gewissen Grenzen gleichzeitig anderen Schutzzwecken dienen können.

Dies gilt für Schmelzsicherungen und ebenso für Installations-Selbstschalter. Beide dienen in erster Linie dem Schutz der elektrischen Leitungen, und es soll daher dieser Schutz zunächst behandelt werden, um später zu untersuchen, wieweit der damit gebotene Schutz sich auch nach anderer Richtung erstreckt.

Das Sicherungsorgan (Schmelzsicherung oder IS-Schalter) soll wirksam sein, bevor eine übermäßige, zur Zerstörung der Isolation der Leitungen führende Erwärmung und deren Folgen möglich sind. Die Stärke des Sicherungsorgans muß sich demgemäß nach dem zu schützenden Leitungsquerschnitt richten, während die Strombelastung wiederum abhängig ist von den Eigenschaften des Sicherungsorgans.

Bei der großen Bedeutung dieser Schutzmittel sind die Bedingungen für ihre Wirksamkeit durch die VDE-Vorschriften in entsprechenden Grenzen festgelegt. Unter Voraussetzung einer Grenztemperatur von 50 °C ist in den Errichtungsvorschriften des VDE (V.E.S. 1/1930) im § 20 die Zuordnung der entsprechenden Stromwerte und der Größe der notwendigen Sicherung zu den einzelnen Leiterquerschnitten gegeben. Dabei gelten für die in Hausinstallationen in Frage kommenden Leitungen folgende Zahlen:

Leitungsquerschnitt	höchstzulässige Stromstärke für Dauerbelastung	Nennstromstärke für entsprechende Schmelzsicherung
0,75 mm²	9 A	6 A
1 „	11 „	6 „
1,5 „	14 „	10 „
2,5 „	20 „	15 „

Die gesteigerte Anwendung elektrischer Arbeit im letzten Jahrzehnt, dabei besonders die Entwicklung der elektrischen Haushaltgeräte, erhöhte den Stromverbrauch in den Wohnungen in starkem Umfang, und bald zeigte sich, daß der gleichzeitigen, unbehinderten und vielseitigen Anwendung der Geräte der verlegte Querschnitt im Wege steht, da er nicht gestattet, die notwendige Strommenge zu entnehmen. Um dieser Schwierigkeiten Herr zu werden, hat man das Streuband der Sicherungen soweit irgend möglich an die oberste Grenze des zugelassenen Bereichs gelegt und ist, um für die Zukunft besser gerüstet zu sein, zur Verlegung von 1,5 mm²-Leitungen als Mindestquerschnitt (V.E.S. § 20.4) übergegangen. Aber auch deren an und für sich höhere Belastbarkeit kann nicht ausgenutzt werden, da gemäß § 14.8 der V.E.S. 1/1930 die gemeinsame Sicherung mehrerer Verteilungsleitungen in Gebäuden nicht mehr als 6 A Nennstromstärke haben soll. Von dieser Forderung konnte man nicht abgehen, da auf die geringsten Querschnitte hinsichtlich der Absicherung Rücksicht genommen werden muß. Als Fassungsader in Beleuchtungskörpern kommt dabei der im § 20.4 V.E.S. 1 geforderte Mindestquerschnitt 0,75 mm² in Frage. Es darf jedoch nicht außer acht gelassen werden, daß die für diesen Verwendungszweck früher zulässige Ader von 0,5 mm² noch vielfach im Gebrauch ist. Die Verwendung solcher älteren Beleuchtungskörper ist auch in Neuanlagen mit fest verlegten Leitungen von 1,5 mm²-Querschnitt nicht ganz zu vermeiden, denn selbst bei entsprechender Warnung wird dem Wohnungsinhaber, oft auch dem Installateur, die Beurteilung der eingezogenen Adern nicht möglich sein. Anderseits wäre nach Einführung der 10 A-Stromkreissicherung kaum zu verhindern, daß diese Sicherungsgröße auch in alte Anlagen dringt. Eine Kontrolle der Elektrizitätswerke hinsichtlich der Verhinderung falscher Anwendung der 10 A-Sicherung kann aber als unmöglich gelten.

Welche Stromentnahme ist nun unter Berücksichtigung der bestehenden Verhältnisse und der Eigenart der gebräuchlichen Schmelzsicherung möglich, und wie kann ohne Gefährdung der Anlage ein höherer Stromverbrauch ermöglicht werden?

Die 6 A-Schmelzsicherung hat ein verhältnismäßig breites Streuband. Es ist durch die K.P.I./28, § 52 derart begrenzt, daß die Sicherung mit dem kleinsten Prüfstrom von 1,5 I_n = 9 A mindestens 1 h belastet werden kann, ohne daß eine Unterbrechung erfolgt, während der größte Prüfstrom von 2,1 I_n = 12,6 A längstens innerhalb 1 h die Unterbrechung hervorrufen muß. Die dauernde Stromentnahme ist also im allgemeinen nur gewährleistet, wenn die Stromstärke nicht über 9 A liegt.

Einleitend wurde bemerkt, daß die Belastungstafel der V.E.S. unter Zugrundelegung einer Erwärmung auf 50 °C aufgebaut ist. Es handelt sich hierbei um die Temperatur, die bei Dauerbelastung des jeweiligen Querschnittes mit dem zugehörigen Stromwert erreicht wird. Bei verschie-

denen, längeren oder kürzeren Belastungzeiten ändern sich indessen die zulässigen Belastungstromstärken. Bei kurzzeitig auftretenden höheren Strömen wird die Endtemperatur der Leitung nicht erreicht. Dies ist der praktisch meist vorkommende Fall, denn die Belastung ist ja gerade im Haushalt zumeist vorübergehender Natur, so daß starken Belastungen ausreichende Abkühlungszeiten folgen. Hier ist wohl auch die Erklärung dafür zu suchen, daß sich irgendwelche Anstände aus den vorliegenden Verhältnissen nicht ergeben haben, obwohl bei der Ausnutzung der nach K.P.I. zulässigen obersten Stromgrenze zeitweise hohe Temperaturen in den Leitungen auftreten können und

a Magnetspule
b fester Weicheisenkern
c bewegliches Ankerstück
d Auslösestab
e Schalthebelarm
g bewegliche Kontaktbrücke
h feste Kontakte
i Auslösehebel
k Ausschaltknopf
l Einschaltknopf
m Klinkhebel
n Ausklinkhebel
o wärmebeeinflußte Auslösevorrichtung

Abb. 1. Elfa-Leitungschutz-Selbstschalter, Typ E. Mechanischer und elektrischer Aufbau.

auch demgemäß die zugrunde gelegten 50 ° C im Betriebe häufig überschritten sein werden. Versuche, die an verschiedenen Stellen in Prüfämtern und in der Industrie durchgeführt sind, zeigen weiterhin, daß ohne Befürchtungen für die Gummiisolierung der Leitungen eine Temperatur von 60 ... 65 ° C zugelassen werden kann. Bei Erwärmung von Leitungsdrähten vorschriftsmäßiger Beschaffenheit findet nach den Untersuchungen von Apt erst bei lang andauernder Erwärmung auf 70 ° C eine Verminderung der mechanischen Eigenschaften des Gummis statt[1].

a Maximalprüfstrom 12,6 A *b* Minimalprüfstrom 10 A

Abb. 2. Strom-Zeit-Kurve des Leitungschutz-Selbstschalters.

Die Aufgabe besteht also darin, das Schutzorgan der Leitungen so zu halten, daß man der oberen Grenze der unter den geschilderten Verhältnissen möglichen Belastungen, die zu Schäden nicht geführt haben, nicht allzu fern bleibt. Bezüglich der zulässigen Ströme ist in den Erläuterungen zum § 20 der V.E.S. gesagt: „Diese Strombelastungen können tatsächlich ausgenutzt werden, wenn z. B. durch scharf einstellbare Selbstschalter jede Überschreitung verhindert wird." In der gleichen Erkenntnis

[1] ETZ 1927, S. 65.

wurde daher versucht, IS-Schalter, die in ihren verschiedenen Formen zu hoher Vollkommenheit entwickelt worden sind, derart auszubauen, daß sie bei dem vorgesehenen Maximalprüfstrom der 6 A-Schmelzsicherung innerhalb 1 h unterbrechen, jedoch unter Ausnutzung ihres schmaleren Streubandes eine höhere Dauerstromentnahme gestatten, ohne unzulässige Leitungserwärmungen hervorzurufen. Die Bemühungen in konstruktiver Hinsicht zeitigten den gewünschten Erfolg.

Der „Leitungschutz-Selbstschalter" (Abb. 1) gestattet eine dauernde Stromentnahme von 10 A. Hiermit wird der Anschluß aller gebräuchlichen Haushaltsgeräte bis 2200 W bei 220 V ermöglicht. Bei 12,6 A muß er indessen spätestens innerhalb 1 h abschalten. Dabei werden kurzzeitige Strombelastungen über 12,6 A, die die Leitung ohne Schaden verträgt, ohne Abschaltung ausgehalten, ein Vorteil der verzögerten Strom-Zeit-Kurve des Selbstschalters (Abb. 2), der sich bei Schmelzsicherungen gewöhnlicher Bauart nicht erreichen läßt. Wohl sind heute bereits verzögerte Sicherungen erhältlich, doch verdient im vorliegenden Falle, wo nach erfolgter Unterbrechung schnellste Wiedereinschaltung des Stromkreises erwünscht ist, der Selbstschalter mit Druckknopfbetätigung unbedingt den Vorzug. Wie aus Abb. 2 hervorgeht, sind bereits Ausführungen gelungen, bei denen die Dauerbelastung 10,5 A, die maximale Streuung bis 12,5 A beträgt. Die vorstehend vorgeschlagenen minimalen und maximalen Prüfbedingungen geben also eine ausreichende Toleranz.

Abb. 3. Übertemperatur 2adrig verlegter NFA-Leitungen in Messingrohr 9 mm l. W. nach $t = \infty$ in Abhängigkeit von der Stromstärke. Querschnitte 0,5 mm² (obere Kurve) und 0,75 mm² (untere Kurve).

Die Wärmebeanspruchung der Leitungen ist aus Abb. 3 ersichtlich. Erläuternd sei folgendes bemerkt: Die 0,75 mm²-Leitung nimmt hierbei unter Annahme der Verlegung in Zugpendeln eine Übertemperatur von 21 ° C bei Belastung an der unteren, von 34 ° C an der oberen Grenze des Streubereichs an. Im ungünstigsten Falle liegt also bei normaler Raumtemperatur von 20 ° C die Gesamttemperatur noch unter 55 ° C. Beim 1 mm²-Leiter liegen die Temperaturen bei der meist in Frage kommenden Verlegung in Isolierrohr, die bezüglich der Abkühlungsverhältnisse ungünstiger ist, nach angestellten Versuchen praktisch gleich hoch. Die 0,5 mm²-Fassungsader zeigt bei 10 A 44 ° C, bei 12,5 A 67 ° C Übertemperatur. Dies erscheint zunächst unzulässig hoch, doch sind Bedenken nicht nur auf Grund der praktischen Erfahrungen, sondern auch aus folgender Überlegung ungerechtfertigt: Die angegebenen Temperaturen gelten nur für langdauernde Belastungen ($t = \infty$). Bei Festlegung eines minimalen Prüfstromes von 10 A und eines maximalen Prüfstromes von 12,6 A werden diese Selbstschalter praktisch zwischen 10,5 A und 12,5 A streuen. Im Mittel, d. h. bei 11,5 A, wird keine höhere Übertemperatur als 57 ° C möglich sein. Dabei ist noch zu berücksichtigen, daß eine solche Höchstbelastung einer Fassung an sich selten eintritt und alsdann nur kurzzeitig vorkommen wird.

Die bisherige jahrelange Praxis, nach der die 0,5 mm²-Leitung durch eine 6 A-Schmelzsicherung geschützt wird, hat erwiesen, daß eine Gefährdung der genannten Fas-

sungsadern nicht zu befürchten ist, da die 6 A-Sicherung bei gleichem Maximalprüfstrom dieselben Übertemperaturen ermöglicht wie der vorgeschlagene Selbstschalter, ohne daß sich Schäden gezeigt hätten.

Abb. 4. Elfa-Leitungschutz-Selbstschalter für Schalttafelmontage, Typ B.

Hinzu kommt, daß in geschlossenen Rohren, wie sie der Prüfanordnung entsprechen, Feuersgefahr kaum in Frage kommt, und daß die auftretenden Übertemperaturen bei beweglichen Anschlußschnüren von 0,5 mm² Querschnitt selbstverständlich erheblich tiefer liegen.

Abb. 5. Stotz-Leitungschutz-Selbstschalter für Schalttafelmontage.

Abb. 6. Elfa-Leitungschutz-Selbstschalter, Typ E, eingebaut in eine Zählertafel.

Ein „Leitungschutz-Selbstschalter" vereinigt also mit dem Überlastungschutz der 6 A-Schmelzsicherung wegen der Heraufsetzung der möglichen Dauerbelastung eine bessere Leitungsausnutzung. Er darf ohne weiteres das Unverwechselbarkeitsorgan der 6 A-Schmelzpatrone besitzen und kann daher an Stelle einer 6 A-Sicherung ohne Auswechselung des Fußkontaktes verwendet werden.

Auch der Leitungschutz-Selbstschalter muß natürlich die Leitsätze des VDE für IS-Schalter (VDE 445) erfüllen, ausgenommen die Auslösebedingungen, die nach vorstehenden Darlegungen beurteilt werden müssen.

Eine ausreichende Unterscheidung der Leitungschutz-Selbstschalter von IS-Schaltern mit bisherigen Auslösebedingungen erscheint sehr zweckmäßig; hierfür wird eine auffallend andersfarbige Ausführung des Einschaltknopfes in Vorschlag gebracht. Außerdem soll der Einschaltknopf mit dem Buchstaben „L" (Abkürzung für Leitungschutz) versehen sein.

Abb. 7. Elfa-Leitungschutz-Selbstschalter, Typ Vst. Steckselbstschalter für Verteilungsockel.

Die vermehrte Anwendung von IS-Schaltern hat zu einer zweckmäßigen Anpassung der Bauformen an die Verwendungszwecke geführt. So entstanden neben den bereits erwähnten, zur Verwendung in allen normalen Sicherungselementen mit Edisongewinde bestimmten Einschraub-Selbstschaltern (Abb. 1) die für eine zweckmäßige Anordnung von Schalttafeln o. dgl. Verteilungsgruppen in offener oder gekapselter Ausführung geeigneten Formen. Abb. 4 und 5 zeigen die an Stelle von Schalttafel-Sicherungselementen anzubringenden Schalttafel-Selbstschalter, während in Abb. 6 Einbau-Selbstschalter, welche sich genau wie Einbau-Sicherungselemente auch zu Verteilungsanlagen auf Sammelschienen gruppieren lassen, veranschaulicht sind. In Abb. 7 ist schließlich die neuartige Form eines Einbau-Selbstschalters dargestellt, welche aus 2 Teilen, nämlich Anschlußsockel sowie durch Steckkontakt darauf anzubringendem Einsteck-Selbstschalter besteht. Diese Ausführung ermöglicht die Montage der Sockel unabhängig von den IS-Schaltern sowie die Anbringung und den Ersatz der Einsteck-Selbstschalter analog den Einschraub-Selbstschaltern.

Die Firmen Allgemeine Elektricitätsgesellschaft, Berlin, und Stotz-Kontakt, G. m. b. H., Mannheim-Neckarau, stellen zur Zeit bereits Leitungschutz-Selbstschalter her.

In ähnlicher Weise würden sich die IS-Schalter für die höheren Stromstufen durch Veränderung der Auslösegrenzen und Verringerung der Streuung derart einrichten lassen, daß auch dabei eine vollständigere Ausnutzung der Leitungen der entsprechend höheren Querschnitte ermöglicht wird. Hierüber sowie über das Verhalten von IS-Schaltern als Apparateschutz wird in einer späteren Arbeit berichtet werden.

Die Nutenharmonischen von Drehstromgeneratoren mit Bruchlochwicklung*.

Von Prof. **F. Punga**, Darmstadt.

(Schluß von S. 1304.)

Bisher haben wir, wie Richter und andere Autoren, die verständliche Annahme gemacht, daß die Kraftlinienverteilung unter einer Nutenteilung sich durch ein Rechteck darstellen lasse, wie Abb. 2 dies zeigt, und der für das Verhältnis f_{wo}/f_{wg} abgeleitete einfache Ausdruck ist eine Folgerung dieser Annahme. Diese Annahme soll jetzt fallen gelassen werden, und es sollen einige schon berechnete Werte f_{wo} an Hand eines von jeder Annahme freien graphischen Verfahrens nachkontrolliert werden. Wir wählen hierfür die Beispiele: $\lambda = 17$, $q = 3$ und $\lambda = 41$, $q = 3{,}5$. Der wirkliche Kraftlinienverlauf für $b_z = b_n = 2\,\delta$ ist aus Experiment und Berechnung bekannt. Es ist $B_{min}/B_{max} = 0{,}7$ und der Verlust an Fläche (in Abb. 13 schraffiert) 14 % der Gesamtfläche. Abb. 13 stellt den Kurvenverlauf dar. Da die 1. Harmonische sich durch Benutzung der offenen Nuten nicht verändern soll, so ist die in Abb. 13 gezeichnete Kurve in Abb. 14, Kurve *1*, so aufgezeichnet worden, daß der Mittelwert den Wert 1 besitzt; der Maximalwert hat dann den Wert 1,165 und der Minimalwert 0,815. Die rechteckige, punktiert gezeichnete Kurve *2* entspricht der Annahme, die wir bisher gemacht haben. Die Kurve *3* stelle die Hälfte der 17. Periode dar, wenn wir zunächst das erste Beispiel genauer untersuchen. Die Strecke *OB* entspricht dann 180° el. Wenn die Mitte eines Zahnes mit *B* zusammenfällt, so wird die Mitte der Nut mit *A* zusammenfallen, wobei $OA = 180° \cdot \frac{18-17}{18} = 10°$. Wir erkennen leicht, daß bei geschlossenen Nuten die oberhalb der Abszisse liegende Fläche um das Stück *OADC* größer sein muß als die unter der Abszisse liegende Fläche, und da wir nur die eine Hälfte der Nutenteilung aufgezeichnet haben, so wird also das Doppelte dieses Stückes *OADC* in einen Zahn übertreten und die 17. Harmonische in der Spannungskurve verursachen.

Bei der bisherigen Annahme der zu einer offenen Nut gehörigen Kraftlinienverteilung (Kurve *2*, Abb. 14) sind die Ordinaten der Kurve *3* mit 1,165 zu multiplizieren, soweit diese rechts vom Punkte *E* liegen.

$$AE = \frac{14}{100} \cdot AB = 24°, \quad OE = 10 + 24 = 34°.$$

* Im 1. Teil des Aufsatzes ist in der Formel auf S. 1301, rechte Spalte, Zeile 10, Φ_λ' in Φ_λ zu ändern.

Dies ergibt die Kurve *4*, und jetzt erscheint das Flächenstück *OEFG* als Differenz zwischen der positiven und negativen Fläche. Wir erhalten

$$\frac{f_{wo}}{f_{wg}} = \frac{\text{Flächenstück } OEFG}{\text{Flächenstück } OACD} = 3{,}7,$$

wie es auch der analytische Ausdruck erzielte.

Abb. 13. Kraftlinienverteilung unter einer offenen Nut.

Benutzen wir aber jetzt die Kurve *1* als Faktor, so erhalten wir die Kurve *5*. Wird für das Kurvenstück *HIK* (bis zum Abszissenpunkte *A* gezogen) die oberhalb und unterhalb der Abszisse gelegene Fläche ausgemessen, so ergibt sich als Differenz nur 71 % des Wertes, den wir mit der Kurve *4* erzielt hatten, also: f_{wo} ist in dem 1. Beispiel rd. 30 % kleiner als die Berechnung

Abb. 14. Beeinflussung der 1. Nutenharmonischen durch die Nutenöffnung.

mit der vereinfachenden Annahme ergeben hat. Während hier immer noch die Größenordnung gewahrt wird, wird aber das zweite Beispiel die Unbrauchbarkeit der Annahme nachweisen.

In Abb. 15 stellen *1* und *2* die gleichen Kurven dar wie in Abb. 14. *3* stellt die 41. Harmonische bei $q = 3{,}5$ dar, *B* die Zahnmitte, *A* die Nutenmitte. Wenn $OB = 360°$ gesetzt wird, so ist $OA = 360°/42 = 8{,}58°$.

Bei geschlossenen Nuten tritt das Doppelte des Flächenstücks *OACD* in den Zahn über und erzeugt dort die 41. Harmonische in der Spannungskurve. Wird nun bei offenen Nuten die Annahme der rechteckigen Kraftlinienverteilung gemacht, so muß als Faktor die Kurve *2* benutzt werden, und es entsteht die Kurve *4*. Das Flächenstück *OEFG* entsteht jetzt als Differenz, und wir finden das Verhältnis $\frac{\text{Flächenstück } OEFG}{\text{Flächenstück } OACD} = 6{,}7$, also praktisch das gleiche, das wir auch analytisch in Zahlentafel 3 für f_{wo}/f_{wg} gefunden haben.

Benutzen wir aber als Faktor die Kurve *1*, so erhalten wir die Kurve *5*, u. zw. von *H* ausgehend über *I* und *I'* bis zum Punkte *K*, und jetzt finden wir das überraschende Resultat, daß die Differenz zwischen den oberhalb und unterhalb der Abszissenachse liegenden Flächenstücken sogar kleiner geworden ist als das Stück *OACD*. Das heißt, das Verhältnis f_{wo}/f_{wg} ist nicht 6,7, wie es die Annahme eines rechteckigen Kraftlinienverlaufes unter einer Nutenteilung bedingt, sondern praktisch gleich 1.

Abb. 15. Beeinflussung der 2. Nutenharmonischen durch die Nutenöffnung.

Den Grund für dieses Ergebnis erkennt man, wenn man die Veränderung der ober- und unterhalb der Abszissenachse liegenden Flächen durch die Koeffizienten der Kurven *1* und *2*, Abb. 15, beobachtet. Unter dem Einfluß der Kurve *2* wurde nur die linke, obere Fläche verkleinert (abgeschnitten), während die Kurve *1* auch die negative Fläche beeinflußt, wodurch der Unterschied zwischen positiver und negativer Fläche praktisch der gleiche geblieben ist wie bei geschlossenen Nuten.

Man kann sich nun wohl einen Fall konstruieren, bei dem die Kurve *1* innerhalb der Abszissenachse *I'B* unverändert bleibt und sich erst im Bereiche des Abszissenstückes *AI'* senkt. Dies ist aber nur möglich, wenn die Nutenöffnung klein gegen die Nutenteilung ist, wenn also der Einfluß der offenen Nuten an und für sich sehr klein ist.

Die zuletzt betrachteten Harmonischen von der Ordnung $12\,q \pm 1$ bilden einen Teil einer Gruppe, deren Ordnungszahl allgemein $12\,q \pm x$ ist, wo x diejenige Zahl (kleiner als 1) ist, die $12\,q \pm x$ zu einer ungeraden, nicht durch 3 teilbaren Zahl macht. Man bezeichnet diese Harmonischen auch als „Nutenharmonische 2. Ordnung" und die Harmonischen von der Ordnung $6\,n\,q \pm x$ als „Nutenharmonische n-ter Ordnung".

Man erkennt nun, daß bei den Nutenharmonischen von höherer als 2. Ordnung der gleiche Einfluß festzustellen sein wird, denn immer werden positive und negative Flächen von dem Einfluß der Koeffizienten der Kurve *1* betroffen.

Bei der Nutenharmonischen 3. Ordnung tritt der Ausgleich nicht in der gleichen Güte wie für die Nutenharmonische 2. Ordnung ein, weil die letzte Fläche auf der linken Seite der äquivalenten Abb. 15 eine negative sein würde, aber der Ausgleich ist doch so groß, daß in Verbindung mit den außerordentlich kleinen Werten von ε_λ (siehe Anhang) irgendeine bemerkbare Oberwelle überhaupt nicht auftreten dürfte.

Abb. 16. Ersatz einer Feldkurve durch ein inhaltgleiches Trapez.

Wenn nun Nutenharmonische 2. Ordnung gelegentlich beobachtet werden, wie z. B. Abb. 1 im Aufsatz von Mandl[9] zeigt, so sind diese m. E. nur der Anwesenheit von Nuten überhaupt, nicht der Anwesenheit der „offenen" Nuten zuzuschreiben, denn in beiden Fällen ist der Wickelfaktor im allgemeinen nicht größer als 1.

Wir können also als Ergebnis unserer Untersuchung die folgenden Sätze aufstellen:

Abb. 17. Amplituden der höheren Harmonischen in Prozent der Amplitude der 1. Harmonischen der Trapezkurve der Abb. 16.

1. Bei ganzzahligem q erzeugen die offenen Nuten wesentlich größere Nutenharmonische 1. Ordnung als die geschlossenen Nuten.

2. Bei Bruchlochwicklung kann unter Umständen ein sehr großes Verhältnis f_{wo}/f_{wg} für die Nutenharmonischen 1. Ordnung auftreten. f_{wg} ist dann aber so klein, daß eine bemerkbare Oberwelle nicht auftreten kann.

3. Für die Berechnung der Nutenharmonischen höherer Ordnung führt die bisher übliche Annahme einer rechteckigen Verteilung der Kraftlinien unter einem Teile der Nutenteilung zu gänzlich falschen Ergebnissen. Für die Nutenharmonischen 2. Ordnung tritt eine Verstärkung der Amplituden durch die offenen Nuten gegenüber den geschlossenen Nuten im allgemeinen nicht ein.

Anhang.

a) Da die wirkliche Amplitude der Nutenharmonischen in der Spannungskurve durch das Produkt $f_{wo}\,\varepsilon_\lambda$ gegeben ist, so ist natürlich ε_λ von der gleichen Bedeutung wie f_{wo}. Wir können nun wohl theoretisch für irgendeine periodische Kurve die λ-te Harmonische bestimmen, aber in der Praxis ist die Genauigkeit für die höheren Harmonischen sehr gering und der Weg sehr mühsam. Wir wollen deshalb die Verhältnisse qualitativ an einer Kurve untersuchen, für die der analytische Ausdruck bekannt ist.

Die Kurve *1* der Abb. 16 werde ersetzt durch das abgesetzte Trapez (Kurve *2*), dessen schräge Seitenlinie durch die eingezeichneten Striche β und γ (in Bogenmaß) festgelegt ist.

Die Amplitude der λ-ten Harmonischen dieser periodischen Kurve ist:

$$\frac{4\,a}{\lambda\,\pi}\cos\lambda\,\beta\,\frac{\sin\lambda\,\gamma}{\lambda\,\gamma}.$$

In dem gewählten Beispiel sind $\beta = 25/180\cdot\pi$ und $\gamma = 10/180\cdot\pi$. Hierfür sind in Abb. 17 die Amplituden der höheren Harmonischen in Prozent der Amplituden der 1. Harmonischen eingetragen. Sie schwanken zwischen positiven und negativen Werten hin und her, aber mit einer stark fallenden Tendenz. Uns interessieren hauptsächlich die für eine höhere Ordnungszahl noch möglichen höchsten Zahlen; sie sind in Zahlentafel 5 bis $\lambda = 101$ eingetragen. Der ungünstigste Wert sinkt, wie man erkennt nahezu im Quadrate von λ, so daß also für λ oberhalb 50 eine bemerkenswerte Bildung von Nutenharmonischen nicht mehr möglich ist.

Zahlentafel 5.

λ	ε_λ %	λ	ε_λ %
1	100	59	— 0,115
7	—12,18	65	+ 0,141
13	+ 2,36	71	— 0,02
23	+ 0,753	73	+ 0,0188
29	— 0,706	79	— 0,092
35	+ 0,082	85	+ 0,055
37	— 0,073	95	+ 0,044
43	+ 0,322	101	— 0,058
49	— 0,166		

Unter Berücksichtigung der in praktischen Maschinen vorkommenden Werte von β und γ und der merklichen Abrundung können wir etwa die folgenden Werte von ε_λ im ungünstigsten Falle annehmen:

Für bei	1.	2.	3.	4.	5.
	Nutenharmonische				
$q = 2$	3,5	2	1	0,6	0,4
$q = 3$	2,5	1	0,45	0,3	0,2
$q = 4$	2	0,6	0,3	0,15	0,1

b) Der Wert y im Ausdruck $g = \frac{\tau_n}{\tau_n - y\,b_s}$ hängt bekanntlich stark von dem Verhältnis $b_s\,\delta$ ab, und da sich bei Maschinen mit ausgeprägten Polen der Luftspalt längs der Polteilung stark ändert, so tritt die Frage auf, ob diese Veränderung irgendeinen wesentlichen Einfluß auf die vorausgehenden Betrachtungen auszuüben vermag. Gehen wir z. B. von dem in Abb. 14 dargestellten Beispiel aus, so können wir annehmen, daß die Differenz der beiden Flächenstücke *OEFG* und *OACD* in Abhängigkeit von der Entfernung der Polmitte einer Veränderung unterworfen ist, die in 1. Annäherung durch $0{,}5\,(1 + \cos 2\,\omega\,t)$ ausgedrückt werden kann. Der in den Zahn eintretende Kraftlinienfluß der λ-ten Harmonischen hat also den Ausdruck

$$\Phi_\lambda \cos\lambda\,\omega\,t\cdot 0{,}5\,(1 + \cos 2\,\omega\,t).$$

Eine Untersuchung dieses Ausdruckes ergibt, daß jetzt die λ-te Harmonische mit halber Amplitude weiterbesteht, und daß sich noch eine $(\lambda - 2)$te und $(\lambda + 2)$te Harmonische mit ¼ Amplitude hinzugesellen. Wenden wir dies auf $q = 3$ an, wofür $\lambda = 17$ und $\lambda = 19$ als gefährliche Ordnungszahlen auftreten, so bestehen jetzt neben der 17. Harmonischen noch eine 15. und eine 19. Harmonische und neben der ursprünglichen 19. Harmonischen noch eine 17. und eine 21. Da aber die durch 3 teilbaren Harmonischen keine EMK in der verketteten Schaltung hervorrufen, so bleiben also die 17. und 19. Harmonische allein übrig. Das Resultat hat sich also prinzipiell nicht geändert, nur sind die Amplituden etwas kleiner geworden, als den früheren Berechnungen entsprach.

[9] El. u. Maschinenb. Bd. 44, S. 325 (1926).

Die Problematik des Spitzenausgleichs bei der Großkraftwirtschaft in Deutschland.

Von Dipl.-Ing. **Fr. Schraeder,** Stadt-Oberbaurat, Mannheim.

(Schluß von S. 1300.)

3. Einfluß der wechselnden Höhe der täglichen Höchstbelastungen auf den Ausgleich.

Die bisherige Rechnung ging von der Annahme aus, daß die Jahreshöchstbelastungen der verschiedenen Werke an dem gleichen Kalendertage auftreten. Das ist natürlich nicht der Fall, und man hat infolgedessen die zugehörige Frage zu prüfen, ob ein Ausgleich aus dem Grunde zu erwarten ist, daß die Tage der Jahreshöchstbelastung bei den verschiedenen Werken nicht zusammentreffen.

Eine exakte Behandlung dieser Frage stößt wegen völligen Mangels an Material in der Literatur und in deutschen Geschäftsberichten (nicht in ausländischen!) auf besondere Schwierigkeiten. Um geeignete Unterlagen zu erhalten, habe ich bei einer Anzahl deutscher Werke die täglichen Höchstbelastungen an den Werktagen der Wintermonate November bis Februar zusammenstellen lassen. Bei all diesen Übersichten zeigt sich übereinstimmend, daß der Durchschnitt der täglichen Höchstbelastungen bis Weihnachten die Tendenz zum Steigen verfolgt, wobei die täglichen Höchstziffern gewissen Schwankungen unterworfen sind. Die Jahreshöchstbelastung pflegt in der Regel etwa innerhalb der drei letzten vollen Wochen vor Weihnachten einzutreten, mit zunehmender Wahrscheinlichkeit gegen das Ende dieser Zeit hin; der Zeitpunkt des jeweiligen Auftretens ist indessen ganz unbestimmt.

Daß die Feststellung bezüglich des Bedarfsanstieges nach dem Dezember zu für den gesamten deutschen Strombedarf ganz allgemein gilt, habe ich an Hand der regelmäßigen Monatstatistiken des Statistischen Reichsamts für mehrere Jahre nachgewiesen[12]. Infolgedessen erfordert u. a. die Tatsache, daß die Jahreshöchstlast von Wasserkraftwerken häufig nicht zur gleichen Zeit eintritt wie die Jahreshöchstlast der belieferten Netze, im vorliegenden Zusammenhange keine besondere Berücksichtigung. Ferner gründet sich hierauf die Berechtigung, für die nachfolgenden Rechnungen nur Unterlagen aus wenigen Werken aufzuführen und die Folgerungen zu verallgemeinern.

Um einen Vergleich verschiedener Stromversorgungen auf einheitlicher Basis zu ermöglichen, habe ich für 6 beliebig ausgewählte große deutsche Werke die täglichen Abendspitzen in Prozentsätzen der Jahreshöchstbelastung während der kritischen Zeit aufzeichnen lassen; diese finden sich in den Abb. 28 bis 33. Zum Vergleich sind auch Beispiele für verschiedene Jahre aufgeführt. Der Samstag ist fast ausnahmslos wegen niedriger Belastung auszuscheiden. Bei der Betrachtung der Kurven zeigt sich folgendes:

Eine gesetzmäßige Regelmäßigkeit im zeitlichen Verlaufe der Schwankungen oder in der Amplitude der Schwankungen ist offenbar nicht ohne weiteres festzustellen. Es erweist sich nur, daß ein Zusammenschluß einen gewissen Ausgleich der starken Schwankungen von Tag zu Tag und gleichzeitig eine Herabdrückung der höchsten Tagesbelastung zur Folge haben muß. Die Höchstbelastungen der einzelnen Tage sind nun erfahrungsgemäß sehr stark von Zufälligkeiten abhängig; so seien z. B. Witterungseinflüsse (klares Frostwetter, Schneefall oder Regenwetter), Konjunkturschwankungen in der Industrie oder im Handel, Streiks, Feste usw. erwähnt. Es ist einleuchtend, daß der Anteil der Zufälligkeiten an der Ausgleichswirkung nur auf dem Wege der Erfahrung festgestellt werden kann; wir wollen sie hier außer Betracht lassen. Um einen Näherungswert für die Größenordnung zu ermitteln, die unter etwa normalen Verhältnissen angesetzt werden kann, habe ich folgendes Verfahren angewendet:

[12] Elektrizitätswirtsch. Bd. 29, S. 382 (1930).

Zahlentafel 3. Werktägliche Abendspitzen (ohne Samstage) in Prozent der Jahreshöchstbelastung.

1928	Letzte Woche vor Weihnachten I.					Vorletzte Woche vor Weihnachten II.				
	Mo.	Di.	Mi.	Do.	Fr.	Mo.	Di.	Mi.	Do.	Fr.
Werk Nr. 1	90,5	**100,0**	91,5	92,1	89,4	**88,9**	94,7	**99,4**	91,0	88,9
4	93,5	94,0	91,2	**83,5**	89,3	98,0	93,4	92,9	94,0	91,1
5	96,0	90,5	92,9	98,0	100,0	94,0	96,0	99,2	94,0	92,5
6	98,5	97,5	98,0	100,0	93,3	91,5	94,0	98,0	97,0	96,5
Mittelwert der 4 Reihen	94,6	**95,5**	93,4	93,4	**93,0**	93,1	94,5	**97,4**	94,0	**92,2**
1929	III.					IV.				
Werk Nr. 1	**86,1**	92,0	90,9	88,9	94,1	92,0	92,0	96,2	**100,0**	92,0
2	98,2	96,1	96,4	99,3	100,0	98,1	99,5	99,0	98,0	97,1
3	95,7	**100,0**	100,0	98,4	98,4	97,8	96,0	97,8	96,5	**77,1**
5	94,2	97,9	100,0	95,8	97,1	93,8	92,6	93,8	95,8	97,7
Mittelwert der 4 Reihen	**93,5**	96,5	96,8	95,6	**97,4**	95,4	95,0	96,7	**97,6**	**91,0**

In der Zahlentafel 3 sind für die beiden letzten vollen Wochen vor Weihnachten der Jahre 1928 und 1929 die bei sechs verschiedenen Werken auf die einzelnen Werktage (ohne Samstage) entfallenden Tagesmaxima in Prozentsätzen der Jahreshöchstbelastung zusammengestellt. Diese Zahlen sind in 4 Gruppen: I, II, III, IV, für je einen Wochenzeitraum aufgeteilt. Die Gruppen I, II enthalten Zahlen aus 1928, die Gruppen III, IV aus 1929.

Abb. 28. Tägliche Höchstbelastungen an Winter-Werktagen 1929/30 EW. 1.

Abb. 29. Tägliche Höchstbelastungen an Winter-Werktagen 1929/30 EW. 2.

Abb. 30. Tägliche Höchstbelastungen an Winter-Werktagen 1928/29 EW. 3.

Ferner stammen die Gruppen I, III aus der letzten Woche vor Weihnachten, die Gruppen II, IV aus der vorletzten. In den Gruppen sind nun durch Addition der einzelnen Reihen die Summenbeträge und aus ihnen die in der Zahlentafel aufgeführten Mittelwerte errechnet (die Summenbeträge sind ausgelassen). Die Mittelwerte stellen dann angenähert die durch einen Zusammenschluß sich ergebenden resultierenden Prozentsätze der Summen

der Jahreshöchstbelastungen der einzelnen Werke dar. Es ergeben sich daraus folgende immerhin interessante Feststellungen.

Es tritt eine stark ausgleichende Wirkung in der Beziehung ein, daß die Amplituden der Schwankungen wesentlich verkleinert werden. Zahlenmäßig ist die Wirkung aus der folgenden Zusammenstellung zu erkennen. Unter a) sind die bei den Prozentsätzen für die einzelnen, also nicht zusammengeschlossenen Werke vorkommenden höchsten und niedrigsten Werte sowie deren Unterschiedsbeträge aufgeführt, unter b) die gleichen Werte als die resultierenden, also entsprechend den zusammengeschlossenen Werken. Danach betragen die oberen und unteren Grenzwerte der Amplituden der Schwankungen:

Abb. 31. Tägliche Höchstbelastungen an Winter-Werktagen 1928/29 und 1929/30. EW. 4.

Abb. 32. Tägliche Höchstbelastungen an Winter-Werktagen 1927/30. EW. 5.

Abb. 33. Tägliche Höchstbelastungen an Winter-Werktagen 1928/30 EW. 5 und 6.

Prozentsätze der Jahreshöchstlast.

Gruppe	a) Einzelwerte		b) resultierende Werte	
	Grenzwerte	Unterschied	Grenzwerte	Unterschied
I	100 ... 83,5	16,5	95,5 ... 93,0	2,5
II	99,4 ... 88,9	10,5	97,4 ... 92,2	5,2
III	100,0 ... 86,1	13,9	97,4 ... 93,5	3,9
IV	100,0 ... 77,1	22,9	97,6 ... 91,0	6,6

Die vorstehenden Zusammenstellungen besagen also: 1. Eine Ausgleichswirkung tritt in besonderem Maße in bezug auf die Höhe der Schwankungen der Höchstbelastungen von Tag zu Tag ein, da ihre Unterschiedsbeträge von 22,9 ... 16,5 % auf 6,6 ... 2,5 % der Höchstlast herabgesetzt werden. Sie ist im vorliegenden Zusammenhange ohne weiteres Interesse. 2. Demgegenüber erreicht die Herabsetzung der Höchstbeträge der resultierenden Werte unter 100 % der Summe der einzelnen Höchstbelastungen nur wenige Prozent; sie erreicht in den vier Gruppen die Werte:

I: 100 — 95,5 = 4,5 %
II: 100 — 97,4 = 2,6 „
III: 100 — 97,4 = 2,6 „
IV: 100 — 97,6 = 2,4 „

Diese Feststellung ist beachtlich, da die Höchstwerte nach wie vor die ausschlaggebenden bleiben. Sie besagt, daß die Größenordnung der Absenkungsbeträge in der Nähe von nur etwa 2,5 bis etwa 4,5 % der Summe der Höchstbelastungen zu suchen ist; aus Gründen der Sicherheit ist der kleinere Grenzwert als der maßgeblichere anzusehen.

Derartige Prozentrechnungen setzen stets einigermaßen gleiche Bezugswerte voraus. Es entsteht also die Frage, wie das Ergebnis wird, wenn die Leistungsgrößen der Höchstbelastungen sehr verschieden sind. Die Frage wäre folgendermaßen zu beantworten.

Je größer die Leistung eines Werkes, das mit einer Anzahl kleinerer gekuppelt werden soll, im Verhältnis zur Gesamtleistung dieser ist, um so weniger wird i. a. seine eigene Belastungskurve von den anderen Werken beeinflußt werden. Im Kupplungsfalle würde also voraussichtlich sowohl die Ausgleichswirkung als auch die Herabsetzung der gesamten Höchstbelastung geringere Prozentsätze erreichen, als die oben errechneten Beträge unter der Annahme etwa gleichgroßer Leistungen ergeben.

4. Ergebnis der bisherigen Feststellungen.

Die bisherigen Untersuchungen auf Grund zuverlässigen Erfahrungsmaterials ergeben somit als wesentliche Feststellungen:

Bei dem Zusammenschluß sind ausgleichende Faktoren in zwei Richtungen wirksam; ihre Wirksamkeit kann man sich am besten an Hand der üblichen Belastungsgebirge klarmachen. Die Wirkung des einen liegt in der Transversalrichtung, d. h. in Richtung des Ablaufs der Tagesstunden; sie ist oben zu etwa 1,5 %, auf die Höchstlast bezogen, errechnet. Der zweite wirkt in der Longitudinalrichtung, d. h. in der Richtung des Ablaufes der Kalendertage, also in der Reihenfolge des Datums; sein Effekt darf aus Gründen der Sicherheit auch nicht höher als mit etwa 2,5 bis 3 % veranschlagt werden. Für das Zusammenwirken der beiden Faktoren ist zu beachten, daß eine gewisse Gegenläufigkeit der Wirkung vorhanden ist, d. h., wenn die Höchstbelastungen vieler Werke kalendertagmäßig nahe beieinander liegen, ist der zweite Ausgleichsfaktor naturgemäß klein; sind umgekehrt die Ungleichmäßigkeiten von Tag zu Tag stark, so ist eine Verringerung des Ausgleichs bei der Kurvenform der einzelnen Tage anzunehmen. Die Summe der beiden Prozentsätze wird also, auch unter Hinzurechnung eines Zuschlages, nicht höher als mit höchstens rd. 5 %, auf die Höchstlast bezogen, zu veranschlagen sein. Wir können demnach als endgültige Feststellung nunmehr die Folgerung ziehen:

Die durch den Zusammenschluß der Stromversorgungen Deutschlands zu erwartende Erniedrigung der gesamten Höchstbelastung gegenüber der Summe der Einzelbelastungen liegt in der Größenordnung eines Wertes, der mit großer Wahrscheinlichkeit nicht höher als mit rd. 5 % anzunehmen ist. Der damit ermittelte Prozentsatz erreicht also nicht einmal den Wert, der als Leistungsverlust bei der Stromübertragung für größere Leistungen bei wirtschaftlichster Ausnutzung der Fernleitungen mindestens in Frage zu kommen pflegt. Da für die hier zur Erörterung stehende Voraussetzung in der Regel besondere Übertragungsspannungen mit Hilfe einer Reihe zusätzlicher Betriebseinrichtungen Verwendung finden, müssen neben

den reinen Leitungsverlusten mindestens auch die Verluste in den Übertragungstransformatoren berücksichtigt werden.

Man wird bei einigermaßen gut ausgenutzten Leitungen die Summe der Übertragungsverluste zwischen der Generatorspannung und der Verteilungspannung an den Übergabestellen der Fernleitung, also bei mindestens zweimaliger Transformation, in der Regel nicht unter etwa 12 % annehmen dürfen. Um diesen Leistungsverlust zu decken, muß also die Leistungsfähigkeit der Kraftwerke entsprechende Vergrößerungen erfahren. Auch wenn man berücksichtigt, daß die prozentualen Verluste sich bei der Fernübertragung nur auf die übertragenen Leistungen, die Prozentsätze der Spitzenabflachung aber auf die Summe der gesamten Leistungen beziehen, ist der zu erwartende Gewinn in der Regel so gering, daß er höchstens vielleicht die Mehraufwendungen zur Deckung der Verlustleistung ausgleichen kann. Mit einem nennenswerten wirtschaftlichen Vorteil in bezug auf die Anlagekosten für die Fernübertragung, die bei den in Betracht kommenden großen elektrischen Leistungen sehr beachtliche zusätzliche Kosten gegenüber den nichtgekuppelten Werken darstellen, ist in der Regel nicht zu rechnen. Es kommt hinzu, daß die Zwischenschaltung einer Fernleitung zwischen Stromerzeuger und Verbraucher ihrerseits wiederum Reserven verlangt, daß ferner eine solche, zumal wenn sie als Freileitung gebaut ist, auch die zusätzliche Einschaltung von Störungsmöglichkeiten bedeutet. Die Bekämpfung dieser macht dann wiederum besondere Aufwendungen nötig.

D. Nachprüfung der Feststellungen durch weitere Erfahrungswerte.

1. Zusammenstellung statistischer Zahlen.

Es ist nun von großem Interesse, an Hand zugänglicher statistischer Zahlen die Probe zu machen, ob sich in Deutschland die zentralisierte Großkraftwirtschaft im Sinne der behaupteten verbesserten Ausnutzung der gesamten Anlagen und der Ersparnisse an Reserven auswirkt. Zu diesem Zwecke habe ich folgende aus den Statistiken der VDEW durch Additionen ermittelte Werte zusammengestellt:

Jahresende	1913	1929
Anzahl der erfaßten Werke	92[13]	360
Summe der erzeugten Strommengen Mrd kWh	1,893	16.363
Summe der zugehörigen Jahreshöchstbelastungen . . . . kW	669 645	4 547 795
Summe der Leistungsfähigkeit der Antriebsmaschinen . . . . . . kW	1 137 345	7 463 345
Auswertung.		
Jahresbenutzungsdauern der		
Höchstbelastungen . . . . . . h	2 830	3 600
Maschinenleistungen . . . . . h	1 665	2 190
Verhältnis der Leistungsfähigkeit der Maschinen zur Höchstbelastung . .	1,70	1,64

Für 1929 ist eine weitere Aufteilung nach Gruppen der VDEW-Statistik in der Zahlentafel 4 enthalten.

Zahlentafel 4. Zusammenstellung aus der Jahresstatistik der Vereinigung der Elektrizitätswerke für 1929.

1	2	3	4	5
Gruppe Nr.	Zahl der Werke	Summe der erzeugten Strommengen 1000 kWh	Summe der zugehörigen Jahresbelastungen kW	Summe der Leistungsfähigkeit der Antriebsmaschinen kW
I	35	10 285 933	2 695 115	4 504 025
	1	200 000[14]	45 000[14]	55 400
	1	2 400 000[14]	540 000[14]	770 495
		12 885 933	3 280 115	5 329 920
Speicheranlagen[15]	—	—	—	120 000
	37	12 885 933	3 280 115	5 449 920
II	71[16]	2 730 974	926 735	1 480 685
Summe I + II	108	15 616 907	4 206 850	6 930 605
III, IV, V	252	746 123	340 945	532 740
Summe I...V	360	16 363 030	4 547 795	7 463 345
(Amtliche Statistik . . .		16 391 475	—	7 494 736)

Reservefaktor I + II = 1,65
„ III...V = 1,56
„ I...V = 1,64

[13] Teilstatistik für die 92 größten Werke. Aufgenommen sind nur Werke, die auch in der Statistik 1929 noch enthalten sind. Das RWE ist 1913 nicht miterfaßt.

[14] Vom Verfasser geschätzt.

[15] Charlottenburg und Niederwartha.

[16] Ohne Nr. 93 (Lauchhammer), das weniger als ein Drittel seiner Stromerzeugung für die öffentliche Versorgung abgegeben hat.

Zu der Zahlentafel 4 ist folgendes zu bemerken:

1. Die Gruppen sind folgendermaßen abgegrenzt:

Gruppe I,	Jahresstromabgabe je Werk über	100 Mill kWh
„ II,	„ „ „	25 ... 100 „ „
„ III,	„ „ „	5 ... 25 „ „
„ IV,	„ „ „	2 ... 5 „ „
„ V,	„ „ „	unter 2 „ „

2. Beachtlich ist, daß bei den für die vorliegende Untersuchung im wesentlichen in Betracht kommenden Werken der Gruppen I und II der Reservefaktor mit 1,65 größer ist als für die restlichen Gruppen mit 1,59.

3. Für das RWE und ein Konzernwerk mußten für 1929 Schätzungszahlen an Stelle der in der Statistik fehlenden eingesetzt werden, da sie im Interesse der Vollständigkeit der Angaben nicht wohl ausgelassen werden konnten. Für das Jahr 1913 ist das RWE in der Statistik nicht enthalten und, um möglichst zuverlässige und nachprüfbare Ziffern zu geben, auch nicht berücksichtigt. Aus den Geschäftsberichten sind für 1913 folgende Zahlen bekannt:

Stromerzeugung der eigenen Werke . .	330 Mill kWh
Maschinenleistung der eigenen Werke .	154 000 kW

Man darf annehmen, daß die Einbeziehung der Zahlen des RWE den für 1913 errechneten Reservefaktor von 1,70 eher verkleinern als vergrößern würde.

2. Vergleich des Reservefaktors bei der Einzelkraftwirtschaft 1913 mit dem der gegenwärtigen Großkraftwirtschaft.

a) Berücksichtigung des Anteils der Höchstspannungsleitungen. Aus den ermittelten Zahlen könnte also zu entnehmen sein: Für 1 kW Jahreshöchstlast der Werke standen 1913 rd. 1,7 kW Maschinenleistung der Kraftwerke zur Verfügung und 1929 rd. 1,64 kW. Aber: Während 1913 die Werke durchweg als selbständige Werke die Verbrauchsgebiete aus der Nähe belieferten und in der Regel ausschließlich auf ihre eigenen Maschinenreserven angewiesen waren, stehen 1929 die zentralen Kraftwerke weit außerhalb der Verbrauchsgebiete, und ein riesiges Kraftwerkskupplungsnetz ist entstanden. Da eine Übertragung der in den Kraftwerken verfügbaren Leistungen bis zu den Schwerpunkten der Verbrauchsgebiete nur mit Hilfe besonderer Fernleitungen möglich ist, muß also auch bei einem Vergleich der Reserven zum mindesten ein Teil dieser Leitungen als unerläßlicher Bestandteil zu den stromliefernden Werken hinzugerechnet werden.

Es ist natürlich außerordentlich schwierig 1. abzugrenzen, welcher Teil der zwischen Kraftwerke und Verteilungsnetze geschalteten Leitungen als Kupplungs- bzw. Fernübertragungsnetz zu gelten hat, und 2. einen brauchbaren Maßstab für die Anlagekosten dieser Leitungen, die nicht ausgesprochene Verteilungsleitungen sind, zu finden. Es erweist sich aber, daß es schon genügt, für den Vergleich nur die besonders kostspieligen Leitungen für 100 und 220/380 kV zu berücksichtigen.

1913 war m. W. außer der seit 1912 in Betrieb befindlichen 100 kV-Leitung der Lauchhammer AG. (52 km Streckenlänge = 104 km Leitungslänge) noch keine andere Leitung mit dieser hohen Spannung in regelmäßigem Betriebe. Demgegenüber waren Ende 1925 bzw. 1929 an Leitungen für 100 kV und höhere Spannungen in Betrieb:

		1925[17]	1929[18]
Betriebspannung 100 kV,	Länge	4174 km	10 348 km
„ 220 „	„	—	960 „
„ 380 „	„	—	960 „
		4174 km	12 268 km

In der Quelle zu[18] sind die Längen nicht näher als Strecken- oder Leitungslängen bezeichnet; aus dem Vergleich mit entsprechenden Summenziffern der Statistik der VDEW muß man aber schließen, daß Leitungslängen gemeint sind.

Über die Kosten ausgeführter Leitungen für große Leistungen findet sich weder in der Literatur noch in deutschen Geschäftsberichten zuverlässiges neueres Erfahrungsmaterial, bei Wirtschaftlichkeitsrechnungen ist man daher auf Sollwerte angewiesen. Als besonders zuverlässig sehe ich die im Gutachten über die Reichselektrizitätsversorgung von O. v. Miller enthaltenen Angaben an. Dort sind folgende Kosten für die Leitungen einschl. der zugehörigen Transformatoren, Schalt-, Regulier-, Schutz-, Meß-, Fernsprecheinrichtungen, Gebäude usw. veranschlagt:

[17] Nach dem Bericht des Enquête-Ausschusses, Berlin 1930, S. 15.

[18] Nach Angaben von Koepchen, Das RWE usw. Abb. 4, da die Statistik 1929 der VDEW keine Zahlen für das RWE aufweist.

a) 100 kV-Leitungen des Reichsnetzes:
Streckenlänge = 7450 km, Leitungslänge = 10 040 km,
Transformatorenleistung = 11,260 Mill kW,
desgl. je 1 km Streckenlänge = 1510 kW/km.
Gesamte Anlagekosten = 710,800 Mill RM.
Spezifische Anlagekosten im Durchschnitt
je 1 km Streckenlänge = rd. 95 500 RM,
je 1 km Leitungslänge = rd. 71 000 RM;
Kosten der eigentlichen Leitungen
je 1 km Leitungslänge = rd. 16 800 RM.

b) 220 kV-Leitungen des Reichsnetzes:
Streckenlänge = 3360 km, Leitungslänge = 5375 km,
Transformatorenleistung = 6,120 Mill kW,
desgl. je 1 km Streckenlänge = 1825 kW/km.
Gesamte Anlagekosten = 524 Mill RM.
Spezifische Anlagekosten im Durchschnitt
je 1 km Streckenlänge = rd. 156 000 RM,
je 1 km Leitungslänge = rd. 97 500 RM;
Kosten der eigentlichen Leitungen
je 1 km Leitungslänge = rd. 48 000 RM.

Die Kostenaufstellung gibt einen interessanten Einblick, wie erheblich bei Superpowernetzen die gesamten Kosten der großen Fernübertragungen gegenüber den eigentlichen Leitungskosten sind.

In bezug auf die Anlagekosten von Kraftwerken darf man als feststehend betrachten, daß es heute möglich ist, große und mittlere Steinkohlenkraftwerke mit spezifischen Kosten von höchstens etwa 280 ... 300 RM/kW ausgebauter Leistung betriebsfertig zu erstellen. Hier sei als obere Grenze 350 RM angenommen. Auf Leitungslängen umgerechnet, entsprechen demnach angenähert den Kosten von je 1000 kW Kraftwerksleistung:

a) bei 100 kV-Leitungen
die Anlagekosten von je 5 km einfacher Leitungslänge;
b) bei 220 kV-Leitungen
die Anlagekosten von je 3 km einfacher Leitungslänge.

Die Anlagekosten der in Deutschland seit 1925 neuerbauten Höchstspannungsleitungen mit einer Leitungslänge bei 100 kV von rd. 6174 km und bei 220/380 kV von 1920 km können somit hiernach im Vollausbau in roher Annäherung ungefähr als den Anlagekosten von 1 235 000 kW + 610 000 kW = rd. 1 900 000 kW Dampfkraftwerksleistung äquivalent angesehen werden.

Wenn man nun zunächst lediglich die 220/380 kV-Leitungen als reine Fernleitungen gelten läßt, was bedeuten würde, daß alle 100 kV-Leitungen als Verteilungsleitungen anzusehen sind, so ergibt sich, daß, auf das gesamte Belastungsmaximum des Reiches für 1929 von 4 536 000 kW bezogen, ein zusätzlicher Anteil für die Fernleitungen von 640 000 kW : 4 536 000 kW = 0,14 kW je 1 kW Maximum entfällt. Wenn man auch die 100 kV-Leitungen einbezieht, so erhöht sich der zusätzliche Anteil auf insgesamt 0,41 kW. Der Reservefaktor erhöht sich also für Ende 1929 je nach der Annahme auf

entweder 1,64 + 0,14 = 1,78
oder 1,64 + 0,41 = 2,05.

Für Ende 1929 ist also der wirkliche Reservefaktor in jedem Falle größer als Ende 1913. Auf Versuche, genauere Zahlen zu ermitteln, soll verzichtet werden, da mit der vorliegenden Feststellung das vorerst beabsichtigte Ziel erreicht ist.

b) Berücksichtigung der Pumpspeicherwerke. Nun sind ferner noch weitere zusätzliche Hilfsmaschinen mit dem Zwecke des künstlichen Belastungsausgleichs in die Elektrizitätsgroßwirtschaft eingefügt, die als ausgesprochene Glieder dieser zu gelten haben. Ich meine die Pumpspeicherwerke.

In der obigen statistischen Zusammenstellung der Maschinenleistungen für Ende 1929 sind die Pumpspeicherwerke Hemfurth, Schwarzenbach I (34 000 kW) und Niederwartha (70 000 kW) einbezogen, dagegen nicht Schwarzenbach II und die inzwischen fertiggestellten Werke Herdecke (128 000 kW) und Leitzachwerk (6500 kW). Ferner sind u. a. noch im Bau die großen Werke Bringhausen (115 000 kW) und Schluchsee (90 000 kW), deren Fertigstellung m. W. 1931 erfolgen soll. Unter Einschluß kleinerer Anlagen wächst die Gesamtmaschinenleistung der deutschen Pumpspeicherwerke im Laufe dieses Jahres voraussichtlich auf rd. 465 000 kW[19], von denen rd. 350 000 kW in der obigen Statistik noch nicht miterfaßt sind. Unter der besonders günstigen Annahme, daß diese Pumpspeicherwerke im Durchschnitt nur denselben spezifischen Baukostenaufwand je 1 kW Leistung erfordern wie der Durchschnitt der übrigen deutschen Kraftwerke, erhöht sich der oben errechnete Reservefaktor um 0,08 von 1,78 auf 1,86 bzw. von 2,05 auf 2,13, auf die bisherige Höchstlast bezogen. Man darf dabei in bezug auf letztere ohne weiteres als zutreffend voraussetzen, daß nach dem Winter 1929/30 die Summe der Winterhöchstlast in Deutschland keine Erhöhung mehr erfahren hat und bis zum nächsten Winter eine etwaige Erhöhung verhältnismäßig nicht stärker sein wird als der gleichzeitige Zuwachs an Maschinenleistungen und 220 kV-Leitungen.

c) Berücksichtigung der Akkumulatoren und Dampfspeicher. Es liegt nahe, darauf hinzuweisen, daß es für einen exakten Vergleich notwendig ist, bei der Leistungsfähigkeit der stromliefernden Betriebseinrichtungen auch die Leistungsfähigkeit der Akkumulatorenbatterien mit zu berücksichtigen. Es treten da aber bei entsprechenden Vergleichen Schwierigkeiten auf, vor allem dadurch, daß die für 1913 vorliegenden Statistiken in bezug auf die Höhe der gesamten Stromerzeugung überaus unvollständig sind, während die vorhandenen Batterien einigermaßen vollständig aufgeführt zu sein scheinen. Anderseits sind neuerdings an die Stelle der Batterien Wärmespeicher getreten. Für 1929 ist die Gesamtleistungsfähigkeit der Akkumulatorenbatterien zu 171 400 kW zu ermitteln; das macht 3,8 % der Summe der Jahreshöchstbelastungen aus. Die vorhandenen Dampfspeichermaschinen scheinen in der Maschinenleistungssumme einbegriffen zu sein. Bei der Einbeziehung in den Reservefaktor müßte der Anteil für die Batterien auf die gleiche Anlagekostenbasis wie die Kraftwerke umgerechnet werden. Stichprobenrechnungen ergaben, daß in Anbetracht der Geringfügigkeit des Anteils der Unterschied 1929 gegenüber 1913 die endgültige Ziffer des heutigen Reservefaktors nicht wesentlich zu ändern vermag. Von weitergehenden Nachrechnungen ist daher hier abgesehen worden. Die Leistungen der Dampfspeichermaschinen wie auch der Dampfspeicher können aus den vorhandenen Statistiken in ihrer Gesamtheit nicht festgestellt werden.

d) Erkenntnisse. Die vergleichenden Feststellungen erweisen also, daß bei der deutschen Großkraftwirtschaft der Reservefaktor für die Kraftwerke einschl. nur eines Teiles der Fernleitungen nicht etwa kleiner ist als bei der Einzelkraftwirtschaft, sondern erheblich größer. Das bedeutet von der Kapitalseite aus, daß in bezug auf die Höchstbelastung die Großkraftwirtschaft nicht etwa ein kleineres, sondern ein wesentlich größeres spezifisches Anlagekapital für die Gesamtheit ihrer Betriebseinrichtungen zur Belieferung der Verteilungsnetze benötigt und in Anlagen investiert hat als die Einzelkraftwirtschaft 1913. Dabei ist es durchaus möglich, daß der Reservefaktor, auf die Maschinenleistungen allein bezogen, kleiner ist als bei der Einzelkraftwirtschaft; als Beispiel sei erwähnt, daß die vom Statistischen Reichsamt angegebenen Zahlen[20] für Rheinland und Westfalen 1929 einen Reservefaktor = 1,48 ergeben. Je gewaltiger aber die Übertragungsfähigkeit der zugehörigen Fernleitungen wird, um so mehr ist es bei Vergleichen notwendig, diese mitzuberücksichtigen, da die Gesamtheit der Anlagekosten die entscheidende Rolle spielt. Wenn man demnach bei solchen Vergleichsrechnungen von den Verteilungsnetzen im Sinne der Einzelkraftwirtschaft ausgeht und den Anlagekosten der Einzelkraftwerke einerseits die Summe der Kosten der Großkraftwerke zuzüglich der Kosten aller Übertragungseinrichtungen bis zu den Verteilungsnetzen anderseits gegenüberstellt, so wird der Reservefaktor naturgemäß noch wesentlich größer.

3. Vergleichende Feststellungen für die Ausnutzung der Fernleitungen.

Aus den Rechnungen zur Ermittlung des Reservefaktors ohne Leitungen ergibt sich, daß der Reservefaktor allein für die Maschinenleistungen einschließlich der Leistung der Speicherwerke für 1929/30 etwa in derselben Größe angenommen werden kann wie bei der Einzelkraftwirtschaft im Jahre 1913. Daraus ist zu folgern, daß eine verbesserte Ausnutzung der Gesamtleistungsfähigkeit der Kraftwerke in bezug auf die Höchstbelastungen nicht eingetreten ist. In bezug auf die erzeugten Strommengen zeigt sich zwar eine erhöhte Ausnutzung, die aber nicht etwa eine Auswirkung des Zusammenschlusses darstellt, sondern die Folge normaler Entwicklung ist. An den Zuwachsziffern der selbständig gebliebenen Werke während der letzten Jahre läßt sich das leicht erkennen.

[19] Gesamtbericht der Zweiten Weltkraftkonferenz Berlin 1930, Bd. 11, S. 3. Wasserkraftpumpwerke für Energiespeicherung usw. Bericht Nr. 26, Sekt. 15.

[20] Wirtsch. u. Stat. Bd. 10, S. 485 (1930).

Nach dieser wichtigen Feststellung soll nunmehr zur Nachprüfung der Behauptung, daß die Ausnutzung der gesamten Anlagen durch den Zusammenschluß verbessert würde, die Untersuchung auch noch auf die den Verteilungsnetzen vorgeschalteten Leitungsnetze ausgedehnt werden. Eine genaue Nachprüfung würde die Feststellung der durch die betr. Leitungen übertragenen Strommengen notwendig machen. Dazu fehlen aber wohl alle Unterlagen und Möglichkeiten. Verschiedene Proberechnungen erwiesen jedoch, daß schon einige summarisch aufgemachte Überschlagsrechnungen sehr interessante Aufschlüsse geben.

Um die zwischen den Kraftwerken und den eigentlichen Stromverteilungen bis zum letzten Abnehmer vorhandenen Kupplungs- und Großverteilungsnetze einzugrenzen, soll als untere Grenze der in Betracht kommenden Spannungen die Betriebspannung 35 kV angenommen werden, da auf diesem Wege eine statistische Verfolgung möglich ist. Die Entwicklung war in den letzten Jahren folgende:

Im Betriebe befindliche Leitungslängen[21].

Gruppe	Betriebsspannungen kV	1925	1929	Zuwachs
		km		
a	35 ... 100	10 455	15 348	4 893
b	rd. 100	4 174	10 348	6 174
c	220/380	—	1 920	1 920
	Summe .	14 629	27 616	12 987
Die Eigenerzeugung an Strom aller Werke betrug in Mrd kWh . . .		9,915	16 391	6.476

Schon eine flüchtige Überschlagsrechnung zeigt, daß die Verhältnisziffer $\frac{\text{Stromerzeugung}}{\text{Leitungslänge}}$ für 1929 kleiner ist als für 1925. Um einen einigermaßen zuverlässigen Anhalt zu gewinnen, soll eine Näherungsrechnung vorgenommen werden.

Zunächst ist ein einheitlicher Maßstab in bezug auf die in den Leitungen investierten Kapitalkosten anzuwenden; daher muß für jede Gruppe ein Ausgleichsfaktor für die Anlagekosten je Längeneinheit eingesetzt werden. Dieser sei in ganz roher Schätzung angenommen zu:

Gruppe a = 1,0
„ b = 1,8
„ c = 3,0.

Es ergeben sich also die äquivalenten Werte

	1925	1929
Gruppe a:	10 455 · 1,0 = 10 455	15 348 · 1,0 = 15 348
„ b:	4 174 · 1,9 = 7 930	10 348 · 1,8 = 18 627
„ c:		1 920 · 3,0 = 5 760
	Summe: 18 385	Summe: 39 735

Eine relative Vergleichsmöglichkeit für die Entwicklung des Ausnutzungsgrades ergibt sich nun schon, wenn man diese Summenziffern zur gesamten Eigenerzeugung aller Werke in Beziehung setzt.

1925: 9,915 Mrd kWh : 18 385 km = 540 000 kWh je Einheit
1929: 16,391 „ „ : 39 735 „ = 412 000 „ „ „

Die Ausnutzung ist also stark gesunken. Naturgemäß enthält aber diese Berechnungsart eine zu günstige Voraussetzung, da ein großer Bruchteil der gesamten Eigenerzeugung Leitungen mit mindestens 35 kV und mehr überhaupt nicht passiert. Aus dem hierher gehörigen Teile habe ich in einer Versuchsrechnung für 25 größere, meist städtische Werke, wie Berlin, Breslau, Chemnitz, Düsseldorf, Duisburg, Frankfurt a. M., Halle, Hamburg, Hannover, Königsberg Pr., Mainz usw., die Summe der Eigenerzeugung für 1925 und 1929 von den obigen Gesamterzeugungsziffern abgesetzt; sie war 1925 = 1 621 400 kWh,
1929 = 3 129 800 „ .

Die Liste ist natürlich bei weitem nicht vollständig. Die Ziffern lauten nunmehr:

1925: 8,294 Mrd kWh : 18 385 km = 451 000 kWh je Einheit
1929: 13,261 „ „ : 39 735 „ = 333 000 „ „ „

Es zeigt sich also nachdrücklichst, daß der Rückgang der Ausnutzung ganz beträchtlich ist.

Wenn auch diese Zahlen der absoluten Höhe nach nicht zutreffen, da sie viel zu günstige Werte ergeben, so enthalten sie doch schwerwiegende Folgerungen tatsächlicher Art. Zunächst geht aus ihnen zweifelsfrei hervor, daß die spezifische Ausnutzung der zwischen die Kraftwerke und die Verteilungsleitungen bzw. Netze unter 35 kV geschalteten Fernübertragungs- und Kupplungsnetze im Jahre 1929 viel geringer war als 1925. Da die Zahlen ferner auf sehr erhebliche Kapitalfestlegungen für diese Netze schließen lassen, muß jede durch sie hindurchgeleitete Kilowattstunde mit verhältnismäßig hohem Kapitaldienst belastet sein. Hierzu ist besonders hervorzuheben, daß der große Umfang dieser Netze nicht nur durch das System der zentralisierten Großkraftwirtschaft bedingt, sondern auch vermutlich ihr Umfang infolge des notgedrungen unsystematischen Ausbaues besonders groß geworden ist.

Man darf annehmen, daß in der nachgewiesenen Verringerung der Ausnutzung der Leitungen u. a. auch die kostspielige Auswirkung der nachträglichen Überlagerung verschiedener Leitungssysteme gegenüber einem von vornherein berechneten systematischen Ausbau zum Ausdruck kommt, da der Bau neuer Leitungstrecken an Stelle vorhandener zunächst eine Minderausnutzung dieser zur Folge hat. Mit Kapitalaufwendungen für derartige Netze braucht die Einzelkraftwirtschaft grundsätzlich nur in sehr geringem Umfange zu rechnen. Die außerdem noch bei der Großkraftwirtschaft bestehende Möglichkeit, daß nach der Stromabgabeseite hin, also für die Spannungen unter 35 kV, eine relative Kostenvermehrung durch besondere Schutzvorkehrungen gegen Störungsübertragungen und Kurzschlußwirkungen zu berücksichtigen ist, soll erwähnt, aber außer acht gelassen werden.

Es steht also nunmehr fest, daß infolge der Großkraftwirtschaft die je 1 kW Jahreshöchstlast ausgebaute spezifische Kraftwerksleistung eine Verminderung gegenüber der Einzelkraftwirtschaft 1913 nicht erfahren hat; außerdem wurden aber noch dazu sehr erhebliche Kapitalfestlegungen für den Ausbau der Fernübertragungseinrichtungen vorgenommen. Als wichtige Schlußfolgerung ergibt sich daraus die Erkenntnis, daß das im Ausbau befindliche System der Großkraftwirtschaft bislang insgesamt mehr Kapitalaufwand zur Deckung des Strombedarfes erfordert hat, als der Ausbau der Einzelkraftwirtschaft für die gleichen Leistungen erfordert haben würde.

Es ist bemerkenswert, daß aus greifbaren Zahlen nur ein unvollständiges Bild über die absolute Höhe der Anlagekosten der systematisch gegliederten hauptsächlichen Bestandteile der Großkraftwirtschaft und den Grad der Ausnutzung ihrer Netze gewonnen werden kann, weil ihre Berichterstattung zu schweigsam ist. Alles in allem genommen kann trotzdem kaum ein Zweifel daran bestehen, daß das System der Großkraftwirtschaft in bezug auf die gesamten Anlagekosten kostspieliger ist als das System der Einzelkraftwirtschaft.

E. Gesamtergebnis der Untersuchung.

Aus unseren Untersuchungen ergeben sich nachfolgende drei wesentliche Feststellungen.

1. Die Tagesbelastungskurven der deutschen Elektrizitätswerke weisen zur Höchstbelastungszeit im großen Durchschnitt sowohl in bezug auf ihre Form als auch in bezug auf die Zeitpunkte der beiden regelmäßigen werktäglichen Belastungsspitzen am Morgen und am Abend eine so weitgehende zeitliche Übereinstimmung auf, daß ein Zusammenschluß der Stromnetze Deutschlands nur eine geringfügige relative Erniedrigung der Gesamtbelastungsspitze herbeiführen wird, die nach unseren Ermittlungen nur mit höchstens etwa 5 % der arithmetischen Summe der Einzelspitzen zu veranschlagen ist.

Ein Gewinn in dieser Höhe kann im günstigsten Falle die Mehraufwendungen zur Deckung der Verlustleistung für die Verbindungsleitungen und Übertragungseinrichtungen ausgleichen; als Ausgleich der durch den Zusammenschluß bedingten beträchtlichen Anlagekosten kommt er überhaupt nicht in Betracht.

2. Eine Ersparnis an Reserven infolge des Zusammenschlusses wird durch eine zahlenmäßige Nachprüfung der Entwicklung der Kraftwerksleistungen in Deutschland bis in die neueste Zeit hinein nicht erwiesen. Eine für die Beurteilung maßgebende Zahl ist der Reservefaktor. Aus der Gegenüberstellung zuverlässiger statistischer Zahlen für 1913 und aus den letzten Jahren ergibt sich die Feststellung, daß der zu vergleichende wirkliche Reservefaktor bei der Großkraftwirtschaft größer ist als bei der Einzelkraftwirtschaft des Jahres 1913. Denn bei der Großkraftwirtschaft sind zu den Kraftwerken die kostspieligen Übertragungseinrichtungen für den Strom bis zu den Verteilungsnetzen hinzuzurechnen. Mit einer Tendenz zur Verkleinerung ist auch gegenwärtig noch nicht zu rechnen.

3. Eine verbesserte Ausnutzung der Gesamtheit der hauptsächlichsten Betriebsanlagen in bezug auf die Höchstbelastung wird bei der deutschen Großkraftwirtschaft durch die Entwicklung während der letzten Jahre ebenfalls nicht bewiesen. Aus dem Vergleiche zuverlässiger statistischer Zahlen ergibt sich vielmehr, daß

[21] Teils nach dem Bericht des Enquête-Ausschusses, teils nach der Statistik der VDEW, teils nach Koepchen.

die Ausnutzung der in Deutschland vorhandenen Kupplungs- und Großverteilungsnetze für mehr als 35 kV Betriebspannung im Jahre 1929 sogar geringer gewesen ist als 1925.

4. Da in der Betriebskostenrechnung der Großkraftwirtschaft neben den Kosten der Stromerzeugung auch die besonderen Kosten der Stromübertragung bis zu den Verteilungsnetzen einen wesentlichen Teil der Gesamtkosten bilden, sind die üblichen Angaben über den Ausnutzungsgrad der vorhandenen gekuppelten Kraftwerke allein nicht geeignet, ein richtiges Bild für die rationelle Arbeitsweise der Großkraftwirtschaft zu geben. Für die Beurteilung der gesamten Wirtschaftlichkeit sind infolgedessen Zahlenangaben über etwaige besonders hohe Ausnutzung der Kraftwerke allein oder über besonders niedrige Stromerzeugungskosten allein ohne Beweiskraft.

Die vorstehenden Einzelfeststellungen führen zu folgendem Gesamtergebnis unserer Untersuchungen:

Ein wirtschaftlicher Gewinn durch den Spitzenausgleich infolge des Zusammenschlusses der Stromversorgungsnetze im Rahmen einer Großkraftwirtschaft ist gegenüber der Einzelkraftwirtschaft in Deutschland nicht zu erwarten.

Ferner wird die Ansicht, daß als weitere wirtschaftlich vorteilhafte Auswirkung des Zusammenschlusses eine wesentlich verbesserte Ausnutzung der gesamten Anlagen der Großkraftwirtschaft eintritt, durch Erfahrungszahlen aus den letzten Jahren nicht bestätigt.

Die stationären und nichtstationären Verhältnisse bei der induktiven Zugbeeinflussung.

Von **A. Kammerer**, Berlin.

Übersicht. Bei der induktiven Zugbeeinflussung nach dem Resonanzprinzip ist die Absenkung des primären Stromes abhängig von den Konstanten der Stromkreise (Lok- und Streckenmagnet). Während aber die Stromminderung bezüglich der stationären Verhältnisse um so beträchtlicher ausfällt, je weniger gedämpft die Kreise sind, wird dieselbe durch die Ausgleichvorgänge im entgegengesetzten Sinne beeinflußt. Die Ausgleichvorgänge klingen um so langsamer ab je geringer die Dämpfung ist. Die vorliegende Arbeit gliedert sich demzufolge in einen Teil, welcher gewisse stationäre Verhältnisse in Betracht zieht, und in einen weiteren Teil, der sich mit den Ausgleichvorgängen befaßt. Die effektiven Werte von Strömen und Klemmenspannung sowie die Phasenverschiebung zwischen primärem und sekundärem Strom werden abhängig von der Frequenz graphisch dargestellt. Es wird unterschieden zwischen gleichgestimmten und verstimmten Kreisen. Die Ausgleichsvorgänge werden an Hand eines Zahlenbeispiels für Betrieb mit der Resonanzfrequenz gerechnet und aufgezeichnet. Der Aufsatz beschäftigt sich im übrigen nur mit der eigentlichen Übertragung von der Strecke auf den Zug und nicht mit der Auswirkung auf die übrigen Organe der Zugbeeinflussung, z. B. die selbsttätige Bremse und die Führerstandsignale.

In der ETZ 1927, S. 1555, wurde über die damals für die induktive Zugbeeinflussung nach dem Punktsystem zur Wahl stehenden Übertragungsschaltungen berichtet. Die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft (DRG) hat inzwischen die Versuche hierzu fortgesetzt, wobei sich herausstellte, daß einer bestimmten Übertragungsart wegen ihrer Einfachheit der Vorzug gegeben werden kann. Auf diese soll hier noch einmal näher eingegangen werden.

Sie setzt sich aus zwei Resonanzkreisen zusammen: aus einem Lokomotivkreis, bestehend aus Wechselstrom-Synchrongenerator, Lokomotivmagnet, Wechselstromrelais und Kondensator und aus einem Streckenkreis, der ähnlich dem Lokomotivstromkreis durchgebildet ist, nur daß ihm äußerlich keine Spannung aufgedrückt wird. Die in letzterem auftretende EMK entsteht vielmehr durch Wechselinduktion vom Lokomotivkreis her, wenn beide Kreise miteinander magnetisch gekoppelt werden. Die Erregung des Lokomotivmagneten geschieht im Normalfall mit einer Periodenzahl, welche der Resonanzperiodenzahl des Primärkreises gleich ist. Der Streckenstromkreis ist mit dem primären Kreis gleich gestimmt. Daraus ergibt sich, daß bei gleichachsiger Stellung von Lokomotiv- und Streckenkreis der induktive Spannungsabfall durch den kapazitiven Spannungsabfall im Lokomotivkreis kompensiert wird, wodurch verhältnismäßig niedrige Spannungen am Wechselstromgenerator genügen, um die erforderlichen Ströme zu erzeugen. Der Abstand zwischen Lokomotiv- und Streckenmagnet kann bei dem in horizontaler Richtung für beide Magnete zur Verfügung stehenden Raum verhältnismäßig groß ausfallen (140 mm). Dies ist mit Rücksicht auf die betrieblichen Verhältnisse besonders erwünscht.

I. Stationäre Verhältnisse.

Eine rechnerische Behandlung der Übertragungsverhältnisse dieser Schaltung würde außerordentlich umständlich werden, wenn nicht ganz unmöglich sein, wollte man die Verluste im Eisen des Strecken- und Lokomotivmagneten berücksichtigen, denn es ist zu bedenken, daß die Verluste, aus welchen sich die Wirkwiderstände der Kreise errechnen lassen, vom Strom abhängig sind, der selbst wieder aus den Widerständen ermittelt werden soll. In Wirklichkeit würde sich auch der Selbstinduktionskoeffizient bei Ankopplung des sekundären Kreises um einen gewissen Betrag ändern, weil der Gesamteisenweg des Flusses ein anderer ist als im ungekoppelten Zustand. Vernachlässigt man aber die Eisenverluste und setzt die elektrischen Daten der Stromkreise als konstant voraus, so bekommt man auch bei einer rechnerischen Behandlung der Aufgabe einen ausreichenden Überblick, namentlich dann, wenn man sich der graphischen Methode bedient[1]. Im folgenden werden zuerst die statischen Zustände einer Betrachtung unterzogen. Es bedeuten:

$\mathfrak{U}$ den Effektivwert der Klemmenspannung,
$\mathfrak{J}_1, \mathfrak{J}_2$ den Effektivwert des primären bzw. sekundären Stromes,
r_1, r_2 den primären bzw. sekundären ohmschen Widerstand,
L_1, L_2 den primären bzw. sekundären Selbstinduktionskoeffizienten,
C_1, C_2 die Kapazität des primären bzw. sekundären Kreises,
M den Wechselinduktionskoeffizienten,
$2\pi f = \omega$ die Kreisfrequenz des Wechselstromes der Periodenzahl f.

Abb. 1. Gekoppelte Resonanzkreise.

Abb. 2. Spannungsdiagramm für ein gleichgestimmtes gekoppeltes Resonanzsystem.

Es werde die graphische Darstellung des Verlaufes der Strom- und Spannungskurven und der Phasenverschiebung zwischen primärem Strom und Klemmenspannung abhängig von der Erregerfrequenz gefordert. Die allgemeinen Spannungsgleichungen lauten in vektorieller Schreibweise für ein gekoppeltes System und für beliebige Kreisfrequenzen bekanntlich (Abb. 1)

$$\mathfrak{U} - r_1 \mathfrak{J}_1 + j L_1 \omega \mathfrak{J}_1 + j M \omega \mathfrak{J}_2 - j \frac{\mathfrak{J}_1}{C_1 \omega} = 0 \qquad (1)$$

$$- r_2 \mathfrak{J}_2 + j L_2 \omega \mathfrak{J}_2 + j M \omega \mathfrak{J}_1 - j \frac{\mathfrak{J}_2}{C_2 \omega} = 0. \qquad (2)$$

Faßt man beide Gleichungen zusammen, um den Strom in Abhängigkeit von $\mathfrak{J}_1$ auszudrücken, so erhält man

$$\mathfrak{J}_1 = \frac{\mathfrak{U}}{r_1 - j\left(L_1 \omega - \frac{1}{C_1 \omega}\right) + \frac{M^2 \omega^2}{r_2 - j\left(L_2 \omega - \frac{1}{C_2 \omega}\right)}}.$$

[1] Die Änderung der Induktivität des Lokomotivkreises infolge Abfalls des Relaisankers lassen wir unberücksichtigt, da sie in Wirklichkeit geringfügig und eine Folge der Stromänderung bei Beeinflussung ist.

Nach obigem kompensieren sich aber bei Betrieb mit der Normalfrequenz ω_0 der induktive und der kapazitive Spannungsabfall in jedem Kreis, so daß $L_1\,\omega_0 - \frac{1}{C_2\,\omega_0} = 0$ bzw. $L_2\,\omega_0 - \frac{1}{C_2\,\omega_0} = 0$, d. h. die obige Gleichung vereinfacht sich zu dem Ausdruck

$$\mathfrak{J}_1 = \frac{\mathfrak{U}}{r_1 + \frac{M^2\,\omega_0^2}{r_2}}. \tag{3}$$

Daraus ist zu ersehen, daß gemäß den Regeln der Rechnung mit komplexen Größen Spannung und Strom in Phase sind, da kein imaginäres Glied auftritt.

Für die nächsten Ausführungen werde zur weiteren Vereinfachung vorausgesetzt, daß die Stromkreiskonstanten

$$L_1 = L_2 = L;\quad r_1 = r_2 = r;\quad C_1 = C_2 = C$$

sind. Die Beziehung (3) lautet unter diesen Umständen

$$\mathfrak{J}_1 = \frac{\mathfrak{U}\,r}{r^2 + M^2\,\omega_0^2}.$$

Abb. 3. Ortsdiagramm der Spannungen für ein gleichgestimmtes gekoppeltes Resonanzsystem.

Greifen wir nun zurück auf die Spannungsgleichung des sekundären Stromkreises (2), so kann aus ihr ein Spannungsdreieck gezeichnet werden, dessen Katheten

$$r\,\mathfrak{J}_2 \quad \text{bzw.} \quad \left(L\,\omega - \frac{1}{C\,\omega}\right)\mathfrak{J}_2$$

sind und dessen Hypotenuse durch den Betrag $M\,\omega\,\mathfrak{J}_1$ dargestellt ist. Der ohmsche Spannungsabfall ist in Phase und entgegengesetzt zur Stromrichtung. Der Spannungsabfall an der Reaktanz eilt je nach der Größe von ω dem Strom um 90° nach bzw. vor; im Falle der Abb. 2 ist er z. B. nacheilend zum Strom gezeichnet. Die Spannung $M\,\omega\,\mathfrak{J}_1$ gibt die Richtung des primären Stromes an, u. zw. eilt er dieser Spannung um 90° vor. Die Nacheilung wird in der Rechnung wie üblich durch das Zeichen $(+j)$, die Voreilung durch $(-j)$ angegeben. Der Winkel zwischen $M\,\omega\,\mathfrak{J}_1$ und $\left(L\,\omega - \frac{1}{C\,\omega}\right)\mathfrak{J}_2$ möge mit α bezeichnet werden. Mit $\mathfrak{J}_1$ läßt sich das primäre Spannungspolygon konstruieren. Die Spannung $\left(L\,\omega - \frac{1}{C\,\omega}\right)\mathfrak{J}_1$ eilt $\mathfrak{J}_1$ um 90° nach, $r\,\mathfrak{J}_1$ ist in Opposition zu $\mathfrak{J}_1$ aufzutragen, so daß auch der Winkel zwischen $\left(L\,\omega - \frac{1}{C\,\omega}\right)\mathfrak{J}_1$ und der Hypotenuse aus $\left(L\,\omega - \frac{1}{C\,\omega}\right)\mathfrak{J}_1$ und $r\,\mathfrak{J}_1$ gleich dem Winkel α ist, d. h. die Richtung dieser Hypotenuse wird gefunden, wenn man $2\,\alpha$ von der Horizontalen aus abträgt. An den Endpunkt von $r\,\mathfrak{J}_1$ ist die Wechselinduktionspannung $M\,\omega\,\mathfrak{J}_2$ um 90° nacheilend zu $\mathfrak{J}_2$ anzufügen. Die Schlußlinie des primären Spannungsdiagramms endlich liefert die Klemmenspannung $\mathfrak{U}$. Trägt man auf diese Weise die Größen für verschiedene Frequenzen ω ab, wobei $\mathfrak{J}_2$ zunächst als unveränderlich angenommen wird, so erhält man als Verbindungskurve der Endpunkte der Spannungsvektoren eine parabelähnliche Figur (Abb. 3). Die Verbindungslinie der Endpunkte der primären Ströme ist annähernd eine Gerade mit einer gewissen Neigung zur Vertikalen. In Wirklichkeit ist natürlich nicht der sekundäre Strom konstant, sondern die Klemmenspannung $\mathfrak{U}$. Es sind also die eben konstruierten Klemmenspannungen und der primäre bzw. sekundäre Strom auf die Betriebspannung $\mathfrak{U}_0$ für den Resonanzfall zu reduzieren. Aus dem so ermittelten Ortsdiagramm der Abb. 4 lassen sich ohne weiteres die jeweiligen Werte der Ströme sowie der Phasenwinkel φ zwischen primärem Strom und Spannung für die verschiedenen Frequenzen ω entnehmen. Es ist selbstverständlich, daß im Ortsdiagramm die Ströme gegen die Klemmenspannung orientiert aufgetragen werden müssen. Die Ortskurve des primären Stromes liefert eine in sich geschlossene Figur mit einer Schleife. Der Doppelpunkt liegt auf der Spannungsachse. An dieser Stelle tritt also zweimal Phasengleichheit zwischen $\mathfrak{U}$ und $\mathfrak{J}_1$ auf. Ein dritter derartiger Punkt, bei welchem Phasengleichheit vorhanden ist, liegt an der Schnittstelle des Schleifenkopfes mit der Spannungsachse. Die zu dem Doppelpunkt gehörigen Frequenzen lassen sich durch folgende Überlegungen genau ermitteln. In Abb. 5 und 6 sind die Fälle gezeichnet, bei welchen Phasengleichheit zwischen $\mathfrak{U}$ und $\mathfrak{J}_1$ zustande kommt. Man kann leicht entnehmen, daß

Abb. 4. Ortsdiagramm der Ströme für ein gleichgestimmtes gekoppeltes Resonanzsystem.

Abb. 5. Phasengleichheit zwischen $\mathfrak{J}$ und $\mathfrak{U}_1$ (Fall 1).

$$M\,\omega\,\mathfrak{J}_1^2 \sin 2\,\alpha = \mathfrak{U}\cos\alpha$$

und

$$M\,\omega - M\,\omega\,\mathfrak{J}_1^2 \cos 2\,\alpha = \mathfrak{U}\sin\alpha,$$

wobei zu berücksichtigen ist, daß der sekundäre Strom $\mathfrak{J}_2 = 1$ gesetzt ist.

Nach einigen Umformungen zeigt sich, daß für diesen Fall das Quadrat des primären Stromes gleich 1 ist. Das sekundäre Spannungsdiagramm liefert die Beziehung

$$M^2 \omega^2 \mathfrak{J}_1^2 = r^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2,$$

die zu einer biquadratischen Gleichung führt:

$$\omega^4 + \frac{\omega^2}{L^2 - M^2}\left(r^2 - \frac{2L}{C}\right) + \frac{1}{C^2(L^2 - M^2)} = 0.$$

Abb. 6. Phasengleichheit zwischen $\mathfrak{U}$ und $\mathfrak{J}_1$ (Fall 2).

Abb. 7. Resonanzkurven und Phasenverschiebung.

Abb. 8. Spannungsdiagramm für verstimmte Kreise.

Für die der Konstruktion zugrunde gelegten Werte $L = 6 \cdot 10^{-2}$ H, $r = 20\,\Omega$, $C = 0{,}5 \cdot 10^{-6}$ F, $M = 1{,}2 \cdot 10^{-2}$ H erhält man die Wurzeln

$$\omega_1 = 5292, \quad \omega_2 = 6429.$$

Der sekundäre Strom ist im Falle $\omega = \omega_0$ um 90° nacheilend gegen den primären Strom bzw. gegen die Klemmenspannung, d. h., primärer Strom und Spannung sind bei dieser Frequenz ebenfalls in Phase, da

$$-r\mathfrak{J}_2 + jM\omega\mathfrak{J}_1 = 0.$$

In dem Ortsdiagramm der Ströme erscheint $\mathfrak{J}_1$ im ersten und vierten Quadranten, $\mathfrak{J}_2$ in sämtlichen vier Quadranten. Aus den Ortsdiagrammen kann natürlich auch sofort die Darstellung aller Größen in rechtwinkligen Koordinaten in Abhängigkeit von der Frequenz abgegriffen werden. So zeigt die Abb. 7 diese Verhältnisse für den beeinflußten und unbeeinflußten, d. h. gekoppelten und ungekoppelten Kreis. Der Strom des unbeeinflußten Primärkreises kann in bekannter Weise aus einem Kreisdiagramm entwickelt werden, dessen Konstruktion hier nicht weiter beschrieben wird; er verläuft nach einer gewöhnlichen Resonanzkurve, deren Maximum durch das Verhältnis $\mathfrak{U}/r$ bestimmt ist. Der primäre Strom in gekoppeltem Zustand gibt zwei Maximumstellen. Die Kurve des Phasenwinkels zwischen Spannung und Strom schneidet die Abszissenachse dreimal, u. zw. an den Stellen, wo Phasengleichheit zwischen primärem Strom und Spannung vorliegt. Die Kurve φ/ω für das ungekoppelte System schneidet dagegen die Abszissenachse nur einmal. Es ist bemerkenswert, daß die Maxima des beeinflußten Primärstromes nicht mit dem Schnittpunkt der Kurve φ/ω mit der Abszissenachse zusammenfallen. Die Wirkleistung sowie die Phasenverschiebung zwischen primärem und sekundärem Strom sind in der Abb. 7 nicht eingetragen, um nicht zu viele Kurven zu erhalten.

Es können nun praktisch auch Fälle eintreten, bei welchen z. B. der sekundäre Kreis, d. i. der Streckenkreis, gestört ist, der ja am meisten den Witterungsverhältnissen ausgesetzt ist. Um diese Fälle zu veranschaulichen, wurden noch zwei weitere Sätze von Diagrammen (Abb. 8 bis 11) hergestellt, bei welchen die Kapazität des Streckenkreises gegenüber den Abb. 3, 4 und 7 einmal im positiven und einmal im negativen Sinne um 20 % geändert ist, d. h. der Streckenkreis ist dann gegenüber dem primären Kreis um entsprechende Beträge verstimmt.

Die Konstanten der Stromkreise haben für diese Fälle folgende Bezeichnungen:

$$L_1 = L_2 = L, \quad r_1 = r_2 = r, \quad M, \quad C_1, \quad C_2.$$

Abb. 9. Ortsdiagramm für verstimmte Kreise (Fall 1).

Abb. 10. Ortsdiagramm für verstimmte Kreise (Fall 2).

Bei der Konstruktion der Diagramme ist zu berücksichtigen (Abb. 8), daß der Winkel zwischen der Hypotenuse des sekundären Spannungsdreiecks und der einen Kathete $\left(L\omega - \frac{1}{C_2\omega}\right)\mathfrak{J}_2$ dieses Kreises verschieden ist von dem Winkel zwischen der Hypotenuse $\sqrt{(r\mathfrak{J}_1)^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C_1\omega}\right)^2}$ und der Kathete $\left(L\omega - \frac{1}{C_1\omega}\right)\mathfrak{J}_1$ des primären Kreises. Wir bezeichnen also den ersten mit α und den zweiten mit β. Die Drehung der letzterwähnten Hypotenuse gegen die Horizontale muß also $\alpha + \beta$ statt 2α betragen, wobei

$\beta = \operatorname{arctg} \frac{r_1}{L_1\omega - \frac{1}{C_1\omega}}$ ist. Im übrigen ist die Konstruktion nach denselben Grundsätzen durchgeführt wie in den Abb. 3, 4 und 7. Die Ortskurve des primären Stromes liefert für den Fall $C_2 < C$ eine Schleife, die im wesentlichen unterhalb der Spannungsachse liegt, im Falle $C_2 > C$ liegt sie dagegen oberhalb der Abszissenachse. Die Ortskurve des sekundären Stromes ist ähnlich derjenigen bei Gleichstimmung der beiden Kreise. Besonders fällt ins Auge, daß die Maxima der Sattelkurve bei der angenommenen Verstimmung beträchtlich verschoben werden, u. zw. ist bei $C_2 > C_1$ das rechte Maximum höher als das linke, bei $C_2 < C$ dagegen kleiner. Interessant ist auch der Verlauf der Kurve φ/ω. Man sieht, daß sie bei $C_2 < C$ hauptsächlich im negativen Bereich, im Falle $C_2 > C$ im Durchschnitt im positiven Bereich verläuft. Unter der Voraussetzung, daß im Betriebe nur geringe Drehzahlschwankungen vorkommen, ließe sich auf diese Weise z. B. eine Übertragung von zwei Qualitäten einrichten, wozu man allerdings an Stelle des sonst üblichen einphasigen ein zweiphasiges Wechselstromrelais notwendig hätte. Eine Phase dieses Relais würde man an die Spannung des Wechselstromgenerators anlegen, durch die andere würde man den Strom schicken, welcher durch den primären Resonanzkreis fließt. Die Linkslage wird bei der einen Qualität durch die Phasenvoreilung des Stromes gegen die Spannung erreicht, die Rechtslage bei der anderen Qualität durch Phasennacheilung.

Abb. 11. Resonanzkurven und Phasenverschiebung für verstimmte Kreise (Fall 1).

Abb. 12. Resonanzkurven und Phasenverschiebung für verstimmte Kreise (Fall 2).

Die eben abgeleiteten Kurvenbilder gelten für einen bestimmten Kopplungsgrad des primären und sekundären Übertragungsteiles, z. B. für die koaxiale Stellung der beiden Teile. In Wirklichkeit verläuft aber die Beeinflussung so, daß sich die relative Lage der Stromkreise und damit die Kopplung stetig ändert. Beide Teile nähern sich bis zur koaxialen Stellung und entfernen sich sodann wieder voneinander. Die Abhängigkeit des Stromes von der Kopplung bzw. von der Stellung der Übertragungsteile zueinander bei einer bestimmten Periodenzahl wird gewöhnlich mit dem Ausdruck Wirkkurve bezeichnet. Die Form der Wirkkurve ist wesentlich davon abhängig, ob es sich bei den Übertragungsteilen um Luftspulen, d. h. Spulen ohne Eisen, oder um Spulen handelt, die um einen Kern aus lamelliertem Eisen gewickelt sind. Die Windungsebene von Luftspulen würde praktisch in die Horizontale gelegt werden müssen. Bei der Eisenspule dagegen liegen die Kerne horizontal, die Spulen demnach senkrecht dazu. Die Wirkkurve der Luftspule zeigt eine Einsenkung mit einem einzigen Minimum (Abb. 13). Die Eisenspule dagegen liefert drei Minima (Abb. 14), und zwar ein mittleres mit großer Einschnürung und zwei dazu symmetrisch liegende kleinere. Bei der Eisenspule entsteht im Falle der Kopplung mit dem Streckenkern — falls dessen Wicklung stromdurchflossen ist — ein Gegenfeld, das sich mit dem vom Lokomotivmagneten ausgehenden Feld zu einem gemeinsamen Fluß zusammensetzt. Ist das von der sekundären Seite ausgehende Gegenfeld gleich Null, so kann natürlich auf den Primärkreis keine Rückwirkung entstehen. Der primäre Kreis verhält sich dann so, als ob der sekundäre überhaupt nicht vorhanden wäre. Bei Annäherung des Streckenkreises an den Lokomotivmagneten spaltet sich der vom Lokomotivmagneten ausgehende Fluß in zwei Hälften. Die erste Hälfte geht z. B. vom linken Pol des Lokomotivmagneten über den rechten Pol des Streckenmagneten und zurück zum rechten Pol des Lokomotivmagneten, die andere vom linken Pol des Lokomotivmagneten über den linken Pol des Streckenmagneten und auf dem Luftweg zurück zum rechten Pol des Lokomotivmagneten. In einer bestimmten Stellung sind die den Streckenmagneten durchdringenden primären Teilflüsse gleich groß und entgegengesetzt gerichtet, so daß sie sich bei Phasenopposition zu Null ergänzen. Wie ein Oszillogramm (Abb. 15) und die Wirkkurve (Abb. 14) über den

Abb. 13. Wirkkurve für Luftspulen.

Abb. 14. Wirkkurve für Eisenspulen.

Abb. 15. Umrandungskurve bei Beeinflussung.

Stromverlauf im Lokomotivkreis für den Beeinflussungsfall zeigen, erhält man tatsächlich in zwei bestimmten Stellungen 3 Minima und 2 Maxima beim Ein- und Austritt des Streckenkreises in den Bereich des Lokomotivkreises. Im Streckenkreis sind die Stromverhältnisse gerade umgekehrt, d. h. es entsprechen dort den Minimumstellen die Maxima und umgekehrt. Man kann sagen, daß die Wirkkurve gewissermaßen die einseitige Umrandungskurve der Oszillogramme des primären Stromes bei Beeinflussung darstellt.

Bei Inangriffnahme der Vorarbeiten für die Auswahl der Übertragungsorgane war von verschiedenen Seiten Anregung gegeben worden, an Stelle von Eisenspulen Luftspulen zu verwenden, weil man dadurch eine gewisse Verbilligung der Anlage erhoffte. Es hat sich nun gezeigt, daß es bei Verwendung von Luftspulen zweckmäßig ist, den Luftspulen eine kreisförmige oder wenigstens annähernd kreisförmige Windungsfläche zu geben. Da der Kreis diejenige Figur ist, welche bei gegebenem Umfang den größten Flächeninhalt besitzt, so lassen sich auf diese Weise die besten Kopplungen, d. h. die günstigsten Übertragungswirkungen erzielen. Letzten Endes scheitert aber die Verwendung von Luftspulen hauptsächlich an der Raumfrage. Es ist nämlich nicht möglich, bei dem vorgeschriebenen Abstand von 140 mm zwischen Oberkante des Strecken- bzw. Unterkante des Lokomotiv-Übertragungsteiles die für Luftspulen notwendige Breite unterzubringen. Die Lage der Übertragungsteile ist seitlich des Gleises vorgeschrieben worden. Die Montage zwischen den Schienen mußte abgelehnt werden, da in diesem Falle die Übertragungsteile durch herabhängende Gestänge, Ketten usw. zu leicht der Zerstörung ausgesetzt sind. Im übrigen ist es nicht möglich, den magnetischen Fluß mit Hilfe der Luftspulen so gut zu führen, wie dies bei Eisenspulen möglich ist.

(Schluß folgt.)

RUNDSCHAU.

Meßgeräte und Meßverfahren.

Blindleistungs- oder cos φ-Messung im Kraftwerksbetrieb? — A. Kleiner macht den sehr zu begrüßenden Vorschlag, im Kraftwerksbetrieb von der direkten cos φ-Messung endlich abzugehen und dafür die Messung der Blindleistung einzuführen. Gegen die cos φ-Messung ist folgendes zu sagen:

1. Bei verzerrter Strom- oder Spannungswelle ist der tatsächliche Phasenverschiebungswinkel nicht identisch mit φ in dem Ausdruck cos φ.
2. Die Instrumente sind kompliziert, insbesondere für Bezug und Abgabe. Man muß dann in vier Quadranten ablesen, und es treten dabei leicht Meinungsverschiedenheiten auf.

Im Gegensatz dazu liegen die Dinge bei der Messung von Blindstrom und Blindleistung viel klarer. Der Verfasser bringt noch ein Nomogramm und einen Rechenschieber, beide zur bequemen Ermittlung des cos φ aus Wirk- und Blindleistung. —

Es wäre zu wünschen, daß nicht nur in der Schweiz sondern auch in Deutschland diese Anregung beherzigt würde. Trotz höheren Preises, höheren Eigenverbrauches, geringerer Genauigkeit geht man auch bei uns nicht vom cos φ-Messer und cos φ-Schreiber ab, jedes neue Instrumentmodell muß unter vielen Mühen und Kosten (auch für den Kunden) zur Messung des cos φ durchgebildet werden, trotzdem die besseren Blindleistungsmesser schon vorhanden sind. (A. Kleiner, Bull. SEV Bd. 21, S. 743.) *Kth.*

Spiegelgalvanometer. — Das gegebene Instrument für Vorführungen bei höchster Empfindlichkeit ist das Spiegelgalvanometer, wenn man es so durchbilden kann, daß man keine besondere Rücksicht auf die Aufstellung zu nehmen braucht, d. h., daß man es an jeder beliebigen Stelle verwenden kann. Die Firma Gebr. Ruhstraht A.-G., Göttingen, hat ein Instrument geschaffen, das allen zu stellenden Anforderungen genügen wird. Es hat einen außerordentlich übersichtlichen Aufbau wie die bekannten einfachen Vorführungsmodelle und vor allem eine Aufhängung des Meßsystems aus Spule und Spiegel, die in Verbindung mit der mit dem Systemträger selbst verbundenen Libelle eine große Konstanz des Nullpunktes ergibt. Eine unbeschränkte Transportfähigkeit ermöglicht die weiche und doch sicher wirkende Arretierung.

Hohe Strom- und hohe Spannungsempfindlichkeit erforderten bislang die Verwendung zweier Arten, die naturgemäß die zur Verfügung stehenden Geldmittel in weit höherem Grade belasteten, wenn man nicht zu weniger empfindlichen und daher für eine ganze Reihe von Versuchen nicht mehr brauchbaren Typen greifen will. Diesen Mangel will das Instrument beheben. Auch der Forderung, Messungen nach der ballistischen Methode machen zu können, kommt es nach. Vor allem ist es gelungen, durch Anbringen eines magnetischen Nebenschlusses von großer Konstanz ein Galvanometer mit nur einer Wicklung bei mehreren Spannungsempfindlichkeiten zu schaffen (Abb. 1). Durch das Einschalten dieses Nebenschlusses wird die Spannungsempfindlichkeit auf etwa das 2,5fache erhöht, der Grenzwiderstand von rd. 300 auf 3 Ω herabgedrückt und die Stromempfindlichkeit nur um rd. 60 % verringert. Die angegebenen Empfindlichkeiten gelten für 1 mm Ausschlag bei 1 m Skalenabstand. Der planparallele Spiegel von 14 mm Dmr. ermöglicht bei entsprechender Beleuchtungseinrichtung ein Erkennen des Lichtzeigers noch bei einer Skalenentfernung von reichlich 10 m.

Die Beleuchtungseinrichtung bildet gleichzeitig einen Unterbau für das Galvanometer; das letztere steht dabei mit seinen Horizontierschrauben auf 3 isolierenden Säulchen. In der Achse des Suspensionsbandes liegt auf dem Unterbau der Drehpunkt einer schwenkbaren Schiene, die an dem vom Galvanometer abgekehrten Ende das Lampengehäuse mit Schlitzblende trägt. Das Gehäuse kann in der Vertikalen verstellt werden. Ein auf der Schiene längsverschieblicher und klemmbarer Reiter trägt mit seiner Hülse die in einer Fassung mit Normalstift gehaltene Linse, ebenfalls in der Vertikalen verstellbar. An 2 Klemmen kann ein Schutzwiderstand für das Galvanometer angeschlossen werden. *fi*

Abb. 1. Spiegelgalvanometer mit Beleuchtungseinrichtung

Beleuchtung.

Energiemessungen im Sichtbaren und im Ultraviolett. — Die Energiemessung im Ultraviolett hat in neuerer Zeit durch die Ausdehnung der Beleuchtungstechnik auf dieses therapeutisch wichtige Strahlengebiet größere Bedeutung erlangt. Als Meßmethoden stehen zur Verfügung die photographische, die Filter- und die Monochromatorenmethode, deren Ergebnisse nicht unmittelbar miteinander vergleichbar sind und auch für die verschiedenen Zwecke nicht beliebig angewandt werden können. Die obere Wellenlängengrenze der therapeutisch wirksamen Strahlen liegt bei 3200 Å. Als untere Grenze kann 2500 Å angenommen werden. Von der Sonnenstrahlung gelangen allerdings infolge der atmosphärischen Absorption nur die Strahlen bis 2900 Å auf der Erdoberfläche. Mit Rücksicht auf die Strahlung verschiedener künstlicher Lichtquellen erscheint jedoch eine Methode zur Untersuchung des Gebietes von 2500 bis 3200 Å wünschenswert.

Die photographische Methode bietet verschiedene Schwierigkeiten und ist auch nur für sehr kleine Energiebeträge anwendbar. Die Filtermethode wird deswegen für unzuverlässig gehalten, weil das Sonnenspektrum im Ultraviolett sehr starken Änderungen unterworfen ist. Als einfachste Methode bietet sich die Monochromatorenmethode, bei der das Spektrum in Bereichen von 100 ... 200 Å Breite untersucht wird. Auch hierbei sind gewisse Vorsichtsmaßregeln zu beachten. Genauere Einzelheiten über die drei Methoden sind in der Originalarbeit nachzulesen. — In der Aussprache werden verschiedene Einwände zu den Ausführungen gemacht und auf die Vorteile der Verwendung photoelektrischer Zellen für die Messung hingewiesen. (F. Benford u. R. F. Howe, Trans. Ill. Engg. Soc. Bd. 26, S. 292.) *F. Bn.*

Bahnen und Fahrzeuge.

Die Verkehrsverhältnisse und die Wirtschaftslage der Hamburger Hochbahn. — Der starke Verkehrsrückgang, unter dem im vergangenen Jahre in Auswirkung der Wirtschaftskrise fast alle Verkehrsmittel zu leiden hatten, hat sich auch bei der Hamburger Hochbahn AG. (H. H.) fühlbar gemacht. Wenn auch die finanzielle Lage der H. H. dank einer von jeher sehr umsichtigen Geschäftsführung und einer sehr einsichtigen Haltung des hamburgischen Staates wohl zu den gesündesten unter den deutschen Verkehrsgesellschaften gehört, so hat der Vorstand, um jede Beunruhigung zu vermeiden, in einer Denkschrift die

Verhältnisse der Hochbahn, deren finanzielles Rückgrat der Straßenbahnbetrieb bildet, dem Aufsichtsrat dargelegt.

Aus der Denkschrift und unter Berücksichtigung der inzwischen für das Geschäftsjahr 1930 bekanntgewordenen Zahlen[1] geht deutlich hervor, daß der auch in Hamburg beklagte Verkehrsrückgang nicht, wie von mancher Seite behauptet, als Folge der im Herbst 1929 vorgenommenen, übrigens sehr mäßigen Tariferhöhung, sondern als Auswirkung der Wirtschaftslage anzusehen ist und bei weitem nicht die Höhe erreicht, die in anderen Städten beobachtet wurde.

Der Gesamtverkehr der H. H. ist zurückgegangen von 342 Mill beförderter Fahrgäste im Jahre 1929 auf 308 Mill im Jahre 1930, also um rd. 10 %. Demgegenüber beträgt der Verkehrsrückgang für den gleichen Zeitraum im Durchschnitt aller deutschen Straßen- und Schnellbahnen 12,7 %[2], und Berlin hat bei den kommunalen Verkehrsunternehmungen einen Rückgang von 20,3 % zu beklagen. Die Betriebseinnahmen sind dabei in Hamburg von 68,1 Mill RM im Jahre 1929 auf 67,6 Mill RM im Jahre 1930 gesunken, also um kaum 1 %, so daß nach reichlichen Abschreibungen immer noch 1,4 Mill RM dem hamburgischen Staat für den Weiterbau der Untergrundbahnlinie Kellinghusenstraße—Jungfernstieg zur Verfügung gestellt werden konnten.

Abb. 2.

Die Sorge, daß der Verkehrsrückgang in Hamburg eine Folge der vorgenommenen Tariferhöhung sein könne, war um so weniger begründet, als bei einem Staffeltarif von 20 und 25 Rpf die Hamburger Sätze bei weitem niedriger sind als in anderen Großstädten, die vielfach 25 Rpf schon als Anfangstaffel fordern. Mit Recht lehnt die Hamburger Hochbahn den Versuch ab, durch eine Tarifermäßigung eine Steigerung des Verkehrs herbeizuführen; denn es ist erwiesen, daß Fahrpreisermäßigungen bei rückläufiger Konjunktur nicht als das geeignete Mittel zur Besserung der Finanzlage angesehen werden können. Ebenso zuzustimmen ist nach den Erfahrungen in anderen Großstädten (u. a. Düsseldorf) der ablehnenden Haltung der H. H. gegenüber Kurzfahrertarifen und ermäßigten Tarifen zu bestimmten Tageszeiten.

Zwei Tatsachen wirken auf den Verkehr und die Finanzgebarung der H. H. ungünstig: einmal der starke Wettbewerb der von der Reichsbahn betriebenen Stadt- und Vorortbahnen, deren unterste Staffel heute noch für Entfernungen bis zu 8 km nur 15 Rpf beträgt und damit sogar unter dem Preis der Bahnsteigkarte liegt. Die H. H. schätzt die Zahl der auf Grund dieses sicher unter den Selbstkosten liegenden Tarifes der Reichsbahn abgewanderten Fahrgäste auf rd. 10 Mill.

Erschwerend für die Tarifgebarung der H. H. wirkt weiter die Tatsache, daß sie für ihre Aktien eine Dividendengarantie eingegangen ist, so daß unabhängig von der Finanzlage des Unternehmens 5 bzw. 6 % Dividende auf rd. 92 Mill RM von insgesamt 106 Mill RM Aktienkapital zur Verteilung kommen müssen, wenn nicht der Staat einspringt. Diese Bindung könnte sich in späteren, etwa noch ungünstigeren Jahren als recht unbequem erweisen.

Der weitere Verkehrsrückgang in den ersten 4 Monaten des Jahres 1931 beläuft sich auf rd. 10 % gegenüber dem gleichen Zeitraum des Vorjahres, dürfte demnach zwar noch nicht besorgniserregend sein, immerhin aber die Herauswirtschaftung weiterer Beträge für den Bau neuer Strecken in Frage stellen.

Äußerst lehrreich wird am Schlusse der Denkschrift sowohl die Zunahme der Selbstkosten je Fahrgast im allgemeinen als auch die starke Verschiebung der einzelnen Betriebskostenanteile unter sich in der Zeit von 1913 bis 1930 dargestellt. Diese Darstellung, die in Abb. 2 wiedergegeben ist, zeigt, welch ausschlaggebenden Anteil Löhne, Gehälter und Steuern an der Betriebskostenrechnung einer Straßenbahn haben, so daß bei festgelegten Verzinsungssätzen für das Anlagekapital der Tarif zwangläufig mit den Löhnen verbunden ist und jeder geringen Lohnerhöhung nachfolgen muß. Einzig und allein die Kosten für Strom, die vor dem Kriege noch einen beachtlichen Anteil der Betriebskosten darstellten, haben gegenüber 1913 keine Erhöhung erfahren. (Die Verhältnisse der Hamburger Hochbahn Akt.-Ges. Ende 1930. Denkschrift des Vorstandes f. d. Mitgl. des Aufsichtsrats der Ges.) *Hgk.*

Hochspannungstechnik.

Erfahrungen mit Überspannungsschutz. — Aus dem Bericht über Betriebserfahrungen der Pennsylvania Water and Power Co. mit Schutzmaßnahmen gegen Gewitterüberspannungen ist in erster Linie die Großzügigkeit bemerkenswert, mit der man verfährt, um eine Klärung des Einflusses verschiedener Leiteranordnungen, Isolatorkettenlängen, Erdseile, Ableiter usw. herbeizuführen. Im Jahre 1910 wurde eine 66 kV-Doppelleitung mit vertikaler Leiteranordnung mit 2,13 m Abstand sowie 5 und 6 Isolatoren mit 142,9 mm Isolatorenabstand errichtet. Ein Erdseil von 9,5 mm Dmr. liegt auf der Mastspitze.

Die erste Gewitterperiode brachte 23 vollkommene Betriebsunterbrechungen und 10 Spannungszusammenbrüche. Aufstellung von 3 Satz Elektrolytableitern, zwischen jedem Leitungsviertel einer, brachte keine Besserung; die Ableiter wurden dann wieder entfernt. 1911 zeigte sich zwischen Mast 57 und 84, 387 und 403 die Höchstzahl der Störungen; Verlängerung der Ketten um zwei Glieder bewirkte Rückgang der Überschläge von 22 im Jahre 1911 auf 1 im Jahre 1912 in diesem Leitungsabschnitt. Genaue Besichtigung zeigte aber, daß jetzt die Überschläge nicht über die Kette, sondern zur darunter liegenden Traverse erfolgten, wodurch dreiphasige Kurzschlüsse und ihre störende Wirkung auf den Betrieb zwar vermieden waren, dafür aber einphasige Kurzschlüsse erfolgt waren; daher wurde mit Ausnahme des unteren Leiters ein Glied je Kette wieder herausgenommen. Selbsttätige Lichtbogenlöscher mit Erdungschalter, die von Überstrom oder Spannungsbruch abhängig arbeiteten, wurden eingebaut, brachten aber wegen häufigen Ansprechens bei Spannungsrückgängen zusätzliche Störungen, erforderten viel Wartung und wurden 1917 wieder ausgebaut.

Im gleichen Jahre wurde eine neue Doppelleitung im gleichen Zuge wie die alte mit 2,74 m Leiterabstand, zwei Erdseilen und verbesserten Isolatoren errichtet, Lichtbogenhörner wurden angewandt. Die Betriebszeit 1918 ... 1922 ergab auf der alten Leitung 57, auf der neuen verbesserten dagegen 73 Überschläge. Es entstanden Zweifel an der Wirksamkeit der Erdseile. 1923 wurde eine neue Leitung ohne Erdseile gebaut und mit Traversenabstand von 3,05 m für 110 kV bemessen, 1924 wurde eine gleichbemessene Leitung, aber mit einem Erdseil gebaut, um einen direkten Vergleich zu haben, und eine Leitungshälfte mit 9 und 10 Isolatoren je Kette ausgerüstet. Eine Leitungstrecke von 1 engl. Meile (rd. 1,6 km) wurde mit Koronaspitzen versehen, ebenso im folgenden Jahre auf einer anderen Leitung eine 2 engl. Meilen lange Strecke. Klydonographenmessungen im gewitterreichen Jahr 1925 zeigten Spannungserhöhungen vom 1,5 ... 7fachen der normalen Spannung, aber keine Wirkung der Spitzen, die später entfernt wurden. Die Schaffung besserer Forschungsmittel, z. B. des Kathodenstrahl-Oszillographen, brachte die Erkenntnis, daß die Überschlagsspannung nicht von der Bemessung der Isolatoren, sondern von der gesamten Kettenlänge abhängt; der Schutzwert des Erdseiles wurde durch Laboratoriumsversuche festgestellt. Auf Grund dessen erklärte es sich, warum die vorerwähnte, im Jahre 1917 gebaute, reichlicher bemessene Leitung schlechter war als die erste 1910 gebaute Leitung. Die Lichtbogenhörner wurden von einer Lei-

[1] Vgl. Geschäftsbericht der Hamburger Hochbahn für das Jahr 1930.
[2] Vgl. Pohl, Verkehrstechn. 1931, H. 11.

tungshälfte entfernt, wobei sich zeigte, daß diese in der Folge 8 Überschläge weniger hatte als ihre auf dem gleichen Mast liegende Nachbarleitung, die früher 3 Überschläge weniger gehabt hatte. Daher wurde die vorerwähnte Leitung ohne Erdseil 1928 mit einem solchen ausgerüstet. Es ergaben sich 14 Unterbrechungen an Stelle von 30 im Jahre vorher auf dieser Strecke.

Die 1924 gebaute Leitung, deren eine Hälfte besser isoliert war als die andere, hatte ergeben, daß die besser isolierte Seite viel sicherer war als die andere; daher wurde im April 1929 die andere Hälfte auch höher isoliert. Ein Vergleich dreijähriger Betriebszeit der gleichen Leitung ohne und mit Erdseil ergab einen Rückgang von 21 auf 17½ Störungen im Jahr.

1930 wurden 22 Satz Westinghouse-Autovalve-Ableiter an den Auslegern einer Leitung aufgehängt und an den Leitungsenden Klydonographen eingebaut. Die Überschläge gingen zurück, und es wurden daraufhin an jedem 4. Mast Ableiter eingebaut.

Die Überisolierung der Leitungen und Anlagen führte 1924 zu 6 Klemmenüberschlägen bei 8 in Betrieb befindlichen Transformatoren. Die Klemmen waren für 73 kV bemessen und mit Masse gefüllt. Es wurden ölgefüllte Klemmen für 88 kV und Ableiter an jedem Leitungsende eingebaut. Die ölgefüllten Klemmen bewährten sich sehr gut und hatten bei Überschlägen nur geringfügige Beschädigungen. Wirkung der Ableiter war, daß im letzten Jahr an geschützten Anlagen mit 88 kV-Klemmen keine Überschläge vorkamen, an ungeschützten dagegen 8, weshalb alle Anlagen mit Ableitern ausgerüstet wurden.

Zusammenfassend wird als Ergebnis der allerdings wegen der verschiedenen Leitungsführung, Bodenerhebungen, Wettergebiete nicht auf gleicher Grundlage stehenden Beobachtungen gefolgert: Isolationserhöhung ist das wirksamste Mittel, findet aber seine Grenzen in der Wirtschaftlichkeit der Anlage; Erdseile sind wirksam; beste Masterdung ist anstrebenswert, allerdings oft nicht erreichbar; Überspannungsableiter vermeiden die Klemmenüberschläge, doch muß die Transformatorisolation genügend hoch gegenüber der Arbeitspannung des Ableiters sein. (E. Hansson, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 49, S. 901.) *W. K.*

Verschiedenes.

Große Meisterkurse für die Provinz Hessen-Nassau. — In der Zeit vom 4. I. bis 13. II. 1932 werden wieder Große Meisterkurse in Frankfurt a. M. für die Provinz Hessen-Nassau mit Unterstützung des Preußischen Ministeriums für Handel und Gewerbe, des Bezirksverbandes und der Handwerkskammern Wiesbaden-Frankfurt a. M. und Kassel durchgeführt. Diese Kurse bieten auch die Vorbereitungsmöglichkeit für die Meisterprüfung. Für das Elektro-Installateurgewerbe sind „Kurse für Elektro-Installateure" vorgesehen. Die Kursusdauer umfaßt einschließlich der Facharbeit in den Lehrwerkstätten rd. 300 Unterrichtstunden. Der Kursusbeitrag ist auf 50 RM festgesetzt. Nähere Auskunft erteilt der Leiter der Kurse: Dir. Th. Walter, Frankfurt a. M., Moltkeallee 23.

Jahresversammlungen, Kongresse, Ausstellungen.

Große skandinavische Funkausstellung, Kopenhagen 1931. — In einem kurzen Bericht über diese im September veranstaltete Schau macht das Deutsche Ausstellungs- und Messe-Amt darauf aufmerksam, daß einzelne deutsche Firmen, die die Bestimmungen der dänischen Elektrizitätskommission nicht hinreichend berücksichtigt hatten, ihr Radiogerät mehrmals anmelden mußten, bevor sie dessen Zulassung zur Ausstellung erreichten. Die strengen Vorschriften genannter Kommission müssen genau beachtet werden, weil andernfalls die damit verbundenen Verzögerungen das Verkaufsgeschäft der dänischen Vertreter schädigen.

Europahaus-Musterschau, Berlin. — In dem zwischen Anhalter und Potsdamer Bahnhof in Berlin SW 11, Stresemannstr. 92/102, erbauten Europahaus wird eine Dauerausstellung eingerichtet, in der, wie wir hören, auch die Elektrotechnik bevorzugt Berücksichtigung finden soll.

Ausstellungen ausländischer Maschinen in Sowjetrußland. — Das Ausstellungskomitee der Bundeshandelskammer für den Westen in Leningrad hat beschlossen, in verschiedenen Städten der Sowjetunion Ausstellungen ausländischer Maschinen zu veranstalten. Die für Moskau geplante Schau soll im März 1932 eröffnet werden; auf ihr will die genannte Handelskammer außerdem gemeinsam mit der „Orgametall" ausländische Elektroschweißapparate zeigen.

Levante-Messe Tel-Aviv 1932. — Die vom 7. bis 30. IV. 1932 geplante Levante-Messe in Tel-Aviv wird u. a. auch eine Abteilung für elektrische Artikel umfassen. Auskünfte erteilt das Europa-Büro der Messe (Julius Berger), Berlin W 15, Meinekestr. 10.

Weltausstellung Chicago 1933. — Die 2. Weltausstellung von Chicago, deren offizieller Name „A Century of Progress" lautet, soll vom 1. VII. bis 1. XI. 1933 dauern. In der vorgesehenen Halle der Wissenschaft will man wissenschaftliche Entdeckungen und Erkenntnisse zur Darstellung bringen, die von fundamentaler Bedeutung sind. Da sich die gewöhnlichen Laboratoriumsapparate der Forscher für Ausstellungszwecke selten eignen, müssen neue Apparate erdacht und gebaut werden, die so aufgestellt werden sollen, daß sie eine Anzahl von Personen gleichzeitig betrachten und den Arbeitsvorgang beobachten kann. Wahrscheinlich werden aber auch Kopien der Originalapparate gezeigt werden. Die Ausstellungsleitung beabsichtigt, die in Betracht kommenden europäischen Regierungen und Behörden um Unterstützung bei der Beschaffung solcher Kopien zu bitten. Näheres über diesen Teil der Ausstellung ist aus einer Denkschrift der Leitung zu ersehen, die das Deutsche Ausstellungs- und Messe-Amt (Berlin W 10, Königin-Augusta-Str. 28) an Interessenten zur Einsichtnahme ausleiht.

Energiewirtschaft.

Aus dem Geschäftsbericht der Elektrobank für 1930/31[1]. — In seinen Ausführungen stellt der Verwaltungsrat der Bank für elektrische Unternehmungen, Zürich, von neuem fest, daß die Elektrizitätsindustrie, wenn es auch ausgeschlossen sei und wohl von niemandem erwartet werde, daß sie die Ungunst der Zeitverhältnisse ganz unberührt lasse, bisher eine namhafte Widerstandskraft gegen die Rückschläge der Konjunktur bewahrt habe. „Allerdings stand bei den meisten Elektrizitätswerken der Energieabsatz an die Industrie im Zeichen des Rückganges oder doch der Stagnation. Dies trifft auch für die uns befreundeten Gesellschaften zu, in etwas ausgesprochenerem Maße für die deutschen und polnischen Unternehmungen, in geringerem für jene in andern Ländern. Anderseits verzeichnet aber der Energiebedarf für Licht und häusliche Zwecke, sowie teilweise auch für die Landwirtschaft, weiterhin eine erfreuliche Steigerung, die freilich den Ausfall in der Kraftstromlieferung nicht überall auszugleichen vermochte. Immerhin heben sich im ganzen die Ergebnisse der Elektrizitätsindustrie auf dem Hintergrunde der allgemeinen Wirtschaftslage in bemerkenswerter Weise ab, wenn auch bei weiterem Anhalten der Krise eine Minderung der Erträgnisse der einen oder anderen Gesellschaft nicht ausbleiben kann." Die Bank ist neuerdings dazu übergegangen, unter Ausnutzung des Tiefstandes der Kurse nordamerikanischer Public Utilities-Werte, auch Beteiligungen an erstklassigen Elektrizitätsgesellschaften der V. S. Amerika und Kanadas zu übernehmen. Ertrag der Aktiven: 12 069 800 Fr (der Anlagen, diverser Effekten und Zinsertrag der Bankguthaben: 11 893 141 i. V.), Reingewinn: 9 459 523 Fr (9 416 355 i. V.), Dividende: 10 % auf 75 Mill Fr AK. (12 % i. V.).

Was die der Bank nahestehenden Unternehmungen betrifft, so ist, um nur einiges aus dem Bericht herauszugreifen, die Società Adriatica di Elettricità, Venedig, infolge Übertragung der restlichen von ihr selbst betriebenen Stromerzeugungs- und Verteilungsanlagen auf Tochtergesellschaften eine reine Holdinggesellschaft geworden, deren Interessen vorwiegend auf dem Gebiet der Elektrizitätswirtschaft, daneben aber auch auf dem öffentlicher Versorgungsbetriebe, wie Telephonanlagen usw., liegen. Hauptsächlich wegen des Minderbedarfs der Industrie hat sich der Stromabsatz im Versorgungsgebiet der Gruppe von 802 auf 765 Mill kWh, d. h. um 4,6 %, verringert. Die Gesamtleistung ihrer Werke ist nach der Inbetriebnahme der Zentrale von Livenza und nach Erweiterung der Wärmekraftanlage von Marghera hydraulisch auf 271 000 kW und thermisch auf 71 000 kW gestiegen. Die Bewässerungen schaffende Compañia de Riegos de Levante, Alicante, verfolgt seit einigen Jahren auch ein bedeutendes Elektrisierungsprogramm, das den größten Teil der spanischen Provinzen Alicante und Murcia mit etwa 1,2 Mill Einwohnern umfaßt, von denen z. Z. erst etwa 0,35 Mill mit Elektrizität versorgt werden. Der Stromabsatz der Compañia Hispano-Americana de Electricidad, Madrid, in Buenos Aires ist um 10,3 % auf 689,7 Mill kWh, der Anschlußwert Ende 1930 von 830 759 auf 915 921 kW angewachsen. In dem Großkraftwerk des neuen Hafens von Buenos Aires wurde eine dritte Turbogruppe von 52 500 kW installiert, und 1933 soll eine vierte den Betrieb aufnehmen. Die Liefe-

[1] Vgl. ETZ 1930, S. 1439.

rung der Electricité de Strasbourg, Straßburg, die im Winter 1930 in eine Aktiengesellschaft nach französischem Recht umgewandelt worden ist, war mit 152,5 Mill kWh nur wenig höher als 1929. Die Gesellschaft hat ihr 14 Gemeinden umfassendes badisches Verteilungsnetz an die Badische Landeselektrizitätsversorgungs-AG. (Badenwerk) abgetreten. Gemeinsam mit den Forces Motrices du Haut-Rhin hat die Energie Electrique du Rhin (Usine de Kembs), Mülhausen, im Frühjahr 1931 mit 30 Mill Fr die Société Hydro-Electrique des Vosges gegründet, welche zwecks Veredelung des Nachtstroms von Kembs in den Vogesen den Schwarzsee und den Weißsee zu einem Pumpspeicherwerk ausbaut. Die in den zur Ausnutzung des Gefälles zu errichtenden Kraftanlagen verfügbare Energie wird die Zentrale Kembs in die Lage versetzen, Spitzenbelastungen von über 0,2 Mill kW zu decken. Ein von der Société Algérienne d'Eclairage et de Force, einer Tochtergesellschaft der Compagnie Centrale d'Energie Electrique, Paris, in Algier errichtetes Kraftwerk dürfte nächstens in Betrieb kommen. Von der Société des Forces Motrices d'Algérie wird die Gefällstufe Aïn-Tinzert für die Gewinnung elektrischer Arbeit ausgebaut und an der durch die Kolonialregierung zu erstellenden Staumauer bei Perrégaux eine Zentrale errichtet. Die Compagnie d'Electricité Industrielle, Paris, die infolge reichlicher Niederschläge den Ankauf von Aushilfsenergie von 40 auf 23 Mill kWh beschränken, anderseits aber weniger Überschußenergie an die über eigene Werke verfügenden Verteilungsgesellschaften liefern konnte, hat die Konzession für die Ausnutzung des Gefälles Portillon-Lys erhalten. Der weitere Ausbau ihrer Anlagen in der Vallée d'Oo wird nach der für das laufende Jahr zu erwartenden Inbetriebnahme des Ausgleichbeckens von Arbesquens beendigt sein. Die Gesellschaft hat 1930 ein für den Absatz ihrer Energie wichtiges Abkommen mit der Société Pyrénéenne d'Energie Electrique getroffen und sich anfangs 1931 mit der Société des Produits Azotés zwecks Rationalisierung der Betriebe beider Unternehmungen verständigt. Das Hochspannungsnetz der Société des Forces Motrices de la Vienne, Paris, ist durch Inbetriebnahme der 110 kV-Leitungen, die die Verbindung mit der Société Nantaise d'Eclairage et de Force par l'Electricité und der Compagnie du Gaz pour la France et l'Etranger herstellen, erweitert worden. Der Bau der Kraftwerke am Taurion wurde so weit gefördert, daß die Zentrale von Saint-Marc zu arbeiten begann und die von Chatelus fertig wurde; das Kraftwerk La Châtre wird im nächsten Jahr vollendet sein. Die von der Société des Forces Motrices de la Vienne zusammen mit dem Omnium Lyonnais unter Mitwirkung einiger Verteilungsgesellschaften errichtete Société des Forces Motrices du Plateau Central (20 Mill Fr) besitzt eine Anzahl interessanter Wasserkraftkonzessionen und dürfte eine wichtige Rolle in der Elektrizitätsversorgung der nordwestlichen Gebiete Frankreichs spielen. Die Lodzer Elektrizitätsgesellschaft AG. hatte 1930 mit 91,9 Mill kWh einen fast gleichgroßen Stromabsatz wie im Vorjahr. Ihr Anschlußwert ist von 86 680 auf 97 112 kW gestiegen. Die neue Zentrale wurde 1930 in Dienst gestellt. Von der „Hungaria" Elektrizitäts-AG., Budapest (10 Mill Pengö) sind das gesamte bisher von der Salgo-Tarjaner Steinkohlen-Bergbau AG. betriebene ausgedehnte Fernleitungs- und Verteilungsnetz samt zugehörigen Anlagen sowie maßgebende Beteiligungen bei verschiedenen kleineren ungarischen Elektrizitätsgesellschaften übernommen worden.

Aus der deutschen Elektrizitätswirtschaft[1]. — Entsprechend der schweren Wirtschaftskrise hat sich nunmehr der Rückgang im Stromverbrauch beim Groß-kraftwerk Mannheim AG. auf das ganze Geschäftsjahr 1930/31 erstreckt, so daß die Eigenerzeugung von 189 auf 123, d. h. um 35 %, und die Stromlieferung von 210 auf 181 Mill kWh, also um 14 %, gesunken ist. Die Gesellschaft mußte erheblich größere, aus Wasserkräften erzeugte Strommengen aufnehmen, weil bei diesen Wasserwerken eine Verringerung des Verbrauchs mit einem besonders regenreichen Jahr und der Inbetriebnahme neuer Werke zusammentraf. Infolgedessen konnte während des letzten halben Jahres die alle Erwartungen erfüllende Hochdruckanlage allein den Betrieb übernehmen. Die steuerliche Belastung beträgt heute 0,2 Pf/kWh. Geschäftserträgnisse: 2 140 364 RM (1 808 524 i. V.), Reingewinn: 388 719 RM (350 315 i. V.), Dividende: 6 % auf 6 Mill RM Stammaktienkapital (7 % i. V.).

Wie die Elgawe berichten, liefert das Rheinisch-Westfälische Elektrizitätswerk neuerdings dem vollelektrischen und ausschließlich elektrisch kochenden Haushalt auf Antrag den Tages- oder Nachtstrom für Warmwasserspeicher mit einem Inhalt von 50 l und darüber zum Preis von 5 Pf/kWh. Damit besteht auch die Möglichkeit, mehr zur elektrischen Raumheizung überzugehen. Soweit besondere Zähler zur Messung des für den Küchenherd, die Warmwasserbereitung und Heizung abgegebenen Stroms nicht vorhanden sind, wird bis auf weiteres für die Warmwasserbereitung und Heizung in Wohnungen mit 1 bis 5 Räumen der Mehrverbrauch über 150 kWh Regelverbrauch im Monat mit 5 Pf berechnet. Die Festsetzung höherer Regelverbrauchszahlen für Wohnungen von mehr als 5 Räumen bleibt vorbehalten.

Die Elgawe entnehmen dem letzten Jahresbericht der landwirtschaftlichen Genossenschaften, daß die Elektrizitätsgenossenschaften unter den Aufsaugungsbestrebungen eines Teils der öffentlichen Elektrizitätswerke nicht unerheblich zu leiden hatten, gleichwohl aber die Vorjahresleistung einer genossenschaftlich vermittelten Strommenge von rd. 200 Mill kWh auch im Berichtsjahr wieder erreicht werden konnte.

Im Rahmen eines Planes der zehn in der Landelektrizität G. m. b. H., Halle a. S., zu einer Betriebsgesellschaft vereinigten Elektrogroßgenossenschaften der Provinz Sachsen, auch die Betriebsanlagen in das gemeinsame Unternehmen einzubringen, hat eine a.o. Vertreterversammlung der Elektrischen Überlandzentrale Saalkreis-Bitterfeld e. G. m. b. H., Halle, diese Übertragung ihrer elektrischen Anlagen nunmehr beschlossen.

Wir lesen in der Frankf. Zg., daß die Kraftwerke Mainz-Wiesbaden AG. sich nach längeren Untersuchungen entschlossen hat, zwecks restloser Ausnutzung der in beiden Werken vorhandenen Maschinenreserve und Verbilligung der Produktion den Rhein mittels Freileitung zu kreuzen. Die Anlage, durch deren Wahl ohne Beeinträchtigung der Betriebsicherheit etwa 0,3 Mill RM gespart werden, soll möglichst noch im Lauf des Winters in Betrieb kommen.

Mitte September ist die einige Kilometer oberhalb Osterode am Harz gelegene Sösetalsperre eingeweiht worden, die hauptsächlich dem Hochwasserschutz und zur Trinkwasserversorgung im Leinetal dient, daneben aber auch elektrische Arbeit liefern wird. Der Staudamm hat eine Höhe von 56 m, ist in der Krone 477 m lang und über 8 m, in der Sohle 250 m breit.

Das Elektrizitätswerk Freudenberg wurde für 0,135 Mill RM an das Elektrizitätswerk Siegerland G. m. b. H. verkauft. Den Strompreis hat man nach Mitteilung der Elgawe auf 38,5 Pf/kWh ermäßigt, wovon die Gemeinde 5 Pf erhält.

[1] Vgl. ETZ 1931, S. 1260.

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftsstelle, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33 II, Fernspr.: C 4 Wilhelm 8885 u. 8886 zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Einladung

zur ordentlichen Sitzung am Dienstag, dem 27. Oktober 1931, 7½ Uhr abends, in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, EB Hörsaal Nr. 301.

Tagesordnung:

1. Geschäftliche Mitteilungen.
2. Vortrag des Herrn Obering. Kroell über das Thema: „Bau und Aufstellung großer Drehstromgeneratoren in Wasserkraftanlagen".

Inhaltsangabe:

Steigender elektrischer Energieverbrauch — zunehmende Leistungsfähigkeit der Kraftwerke — größere Maschineneinheiten.

Charakteristische Forderungen im Bau von Generatoren bei

1. Dampfturbinenantrieb,
2. Kupplung mit Dieselmotoren,
3. Verbindung mit Wasserkraftmaschinen.

Abhängigkeit der Abmessungen von Generatoren von der Leistung und Drehzahl.

Wodurch werden Grenzleistungen bestimmt?

Grenzleistungen in erster Linie abhängig von Materialeigenschaften und Drehzahlen.

Zur Zeit erreichbare Grenzleistungen.

Beim Bau von Generatoren großer Leistung tritt in weitgehendem Maße das mechanische Problem in den Vordergrund.

Erläuterungen an Hand von Lichtbildern der Generatoren des Kraftwerkes Ryburg-Schwörstadt, die hinsichtlich Abmessungen und Gewicht zur Zeit die größten in Europa laufenden Generatoren in Wasserkraftanlagen sind.

Bilder aus der Bauzeit des Kraftwerkes Ryburg-Schwörstadt (Filmvorführung).

Die Mitglieder werden gebeten, ihre Mitgliedskarten beim Eintritt vorzuzeigen. Gastkarten für einzuführende Gäste sind in der Geschäftsstelle erhältlich.

Nachsitzung im „Grand-Hotel am Knie", in Berlin-Charlottenburg, Bismarckstr. 1.

Elektrotechnischer Verein e. V.
Der Vorsitzende:
Dr.-Ing. Feyerabend.

Vortragsreihe

des Elektrotechnischen Vereins in Gemeinschaft mit dem Außeninstitut der Technischen Hochschule zu Berlin über das Thema: „Die technischen Grundlagen des Tonfilms" (mit Experimenten).

1. 2. XI. 1931: Herr Dr. phil. Lichte: „Allgemeiner Überblick und Formulierung der Aufgabe" (Geschichtlicher Überblick über die Entwicklung des Tonfilms. Erläuterung des Magnetton-, des Nadelton- und des Lichttonfilm-Verfahrens. Amplituden- und Intensitätsfilm. Allgemeine Forderungen. Das Nadelton-Verfahren und seine Leistungsfähigkeit. Überblick über fremde Systeme. Wirtschaftliche Fragen des Tonfilms.)
2. 9. XI. 1931: Herr Dr. phil. E. Meyer: „Mikrophone, Lautsprecher, Raumakustik".
3. 16. XI. 1931: Herr Dr. Feldtkeller: „Verstärker" (Anforderungen — Röhren — Vorverstärker — Endverstärker — Störungen).
4. 23. XI. 1931: Herr Dr. Hehlgans: „Kerrzelle und lichtelektrische Zellen" (Tonfilmtechnische Bedeutung der Kerrzelle und der lichtelektrischen Zelle — Die Kerrzelle in der Tonfilmtechnik — Die Photozelle nach Elster und Geitel — Andere Arten von Lichttonschreibern und Lichttonabnehmern).
5. 30. X. 1931: Herr Dipl.-Ing. Kemna: „Die Aufnahme- und Wiedergabe-Apparaturen" (Elemente, die den gleichmäßigen Transport des Films bewerkstelligen. Filmführung — Aufnahmeapparate — Wiedergabeapparate — Ausblick in die Zukunft).
6. 7. XII. 1931: Herr Dr. Narath: „Theorie und Praxis des photographischen Prozesses beim Tonfilmverfahren" (Bild- und Tonphotographie — Die Theorie des photographischen Prozesses — Bedingungen für die verzerrungsfreie Aufzeichnung beim Schwärzungsverfahren — Die Praxis des photographischen Prozesses).
7. 14. XII. 1931: Herr Dr. Fischer: „Die durch den photographischen Prozeß und die Tonfilmapparaturen bedingten Verzerrungen" (Die Verzerrungen — Die Hörbarkeit nichtlinearer Verzerrungen).

Zeit: Montag abends pünktlich 6½ bis 8 Uhr.
Ort: Aula der Technischen Hochschule zu Berlin.
Teilnehmerkarten sind zu haben:
a) in der Technischen Hochschule, Zimmer Nr. 138;
b) im Elektrotechnischen Verein, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 II, Postscheckkonto: Berlin Nr. 13 302.

Der Preis für sämtliche Vorträge beträgt:
a) für Mitglieder des Elektrotechnischen Vereins 8 RM
b) für deutsche Studenten . . . . 4 RM
c) für andere Teilnehmer . . . . 12 RM

Karten für einzelne Vorträge werden nicht abgegeben.

Ordentliche Sitzung

am 6. Oktober 1931 in der Technischen Hochschule Berlin.

Vorsitz: Herr Staatssekretär Dr. Ing. E. h. Feyerabend.

Vorsitzender: Ich eröffne die heutige ordentliche Sitzung, die erste der kommenden Winterperiode, und heiße Sie Alle herzlich willkommen. Bevor wir in die Tagesordnung eintreten, habe ich eine traurige Pflicht zu erfüllen. Während der Sommerpause hat der Tod innerhalb von drei Wochen schmerzliche Lücken in unsere Reihen gerissen.

Am 18. Juli ist der Chefelektriker und Betriebsdirektor der Berliner Städt. Elektrizitätswerke A.-G., Herr Dr.-Ing. E. h. Ernst Rühle, nach längerem Leiden im 68. Lebensjahre verstorben. Nach Beendigung seiner Studien an den Universitäten Bonn und Berlin und an den Technischen Hochschulen Braunschweig und Darmstadt war Rühle zunächst bei dem Elektrizitätswerk in Rheinfelden beschäftigt und trat dann im Jahre 1904 zu den Berliner Elektrizitätswerken über, wo er bis zu seinem Lebensende eine überaus wertvolle Tätigkeit, namentlich auf dem Gebiete der Stromverteilung und Kraftübertragung entfaltet hat. An den mannigfachen Aufgaben, die die rasche Entwicklung der Stromversorgung der Weltstadt Berlin mit sich brachte, vor allem an der Durchbildung des Stromverteilungsnetzes, ist Rühle maßgeblich beteiligt gewesen. Auf seine Anregung ist die vor zehn Jahren erfolgte Gründung der Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen zurückzuführen, die ihn noch kurz vor seinem Tode durch die Ernennung zu ihrem persönlichen Mitglied geehrt hat. In Anerkennung seiner Pionierarbeit auf dem Gebiete der elektrischen Kraftübertragung verlieh ihm die T. H. Berlin im Jahre 1929 die Würde eines Dr.-Ing. E. h.

Rühle hat dem Elektrotechnischen Verein viele Jahre angehört. Er war Mitglied unseres Hauptausschusses und des Ausschusses zur Errichtung von Monteur-Fortbildungskursen; in diesen Stellen hat er dem Verein treue Dienste geleistet, die ihm unvergessen bleiben werden.

Nur wenige Tage nach Rühles Ableben, am 28. Juli, entriß uns der Tod den Nestor der deutschen Physiker, den früheren Präsidenten der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, Wirkl. Geh. Oberregierungsrat Prof. Dr. Dr.-Ing. E. h. Emil Warburg, Ehrenmitglied des Elektrotechnischen Vereins, Mitglied in- und ausländischer Akademien und Inhaber des Adlerschildes des Reichspräsidenten, im 86. Jahr seines an Arbeit und Erfolgen gleich reichen Lebens.

Nach vorübergehenden chemischen Studien widmete sich Warburg der physikalischen Forschung, in der er sich unvergängliche Verdienste erworben hat. Zunächst war er außerordentlicher Professor an der Universität in Straßburg, 1876 wurde er Ordinarius für Physik in Freiburg i. Br. Hier entdeckte und berechnete er die schädliche Wirkung der Hysteresis bei wechselnder Magnetisierung, eine Erkenntnis, die für den Transformatoren-, Dynamo- und Motorenbau von der größten Bedeutung geworden ist. Im Jahre 1885 wurde Warburg an die Berliner Universität berufen und 1905 wurde er zum Präsidenten der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt ernannt. Die glänzenden Forschungsarbeiten dieses vielseitigen Mannes, seine organisatorischen Leistungen bei der Reichsanstalt, seine unermüdlichen Bestrebungen für harmonische Zusammenarbeit von Technik und Wissenschaft sind bereits an anderen Stellen in ausgezeichneter Weise gewürdigt worden. Warburg war das älteste Mitglied des Elektrotechnischen Vereins. Er hat sich um den Verein unvergeßliche Verdienste erworben, namentlich als dessen Vorsitzender in den Jahren 1907 und 1908. In dankbarer Erinnerung an diese Verdienste hat der Verein ihm die Siemens-Stephan-Gedenkplatte verliehen und ihm bei der Feier des goldenen Jubiläums die Ehrenmitgliedschaft übertragen. Der Elektrotechnische Verein wird das Andenken an Emil Warburg als einen seiner Besten stets hochhalten.

Am 7. August starb in Berlin im Alter von 66 Jahren der Zivilingenieur August Robert Bundzus. Nach beruflicher Ausbildung zwei Jahre lang bei der AEG beschäftigt, trat er 1893 als Konstrukteur zur Bergmann Elektrizitäts-Werke A.-G. über. Hier wurde er wegen seiner tatkräftigen Mitwirkung beim Aufbau dieser Werke und wegen seiner Verdienste auf dem Gebiete der Installationstechnik im Jahre 1907 zum Direktor dieser Abteilung ernannt. Nach 33jähriger Tätigkeit bei den Bergmann-Werken trat er aus Gesundheitsrücksichten im Jahre 1926 von diesem Posten zurück, wirkte aber bis kurz vor seinem Tode noch als Gutachter und Sachverständiger für elektrische Anlagen und Maschinen.

Herr Bundzus war lange Jahre hindurch ein besonders eifriges Mitglied des Elektrotechnischen Vereins. Er gehörte mehrere Jahre dem Vorstande sowie bis zu seinem Tode dem Hauptausschuß, dem Fachausschuß für Installationstechnik und mehreren Arbeits- und Unterausschüssen an. Der Elektrotechnische Verein schuldet ihm besonderen Dank für seine treue Mitarbeit.

Eine weitere schmerzliche Lücke ist in unseren Reihen durch den jähen Tod des Generaldirektors der C. Lorenz A.-G. in Berlin-Tempelhof, des Herrn Eduard Otto Zwietusch, entstanden. Als Sohn deutscher Eltern im Jahre 1866 in Milwaukee in den Vereinigten Staaten von Amerika geboren, besuchte er die Universität Madison (Wisconsin) und erhielt dann eine gründliche Ausbildung in der damals noch jungen Fernsprechtechnik bei der Western Electric Co. in Chicago. 1888 kam Zwietusch als Vertreter der Western Electric Co. nach Berlin und gründete hier die Telephon-Apparate-Fabrik, die spätere Telephon-Apparate-Fabrik E. Zwietusch & Co. in Charlottenburg. Durch seine Arbeitskraft, seine glänzende Begabung auf dem Gebiet der Technik und der Fabrikation gelang es ihm, das Unternehmen in kurzer Zeit zu hoher Blüte zu bringen. Auf dem Gebiete des Fernsprechwesens hat er wertvolle Neuerungen geschaffen, die auch bei der Deutschen Reichspost weite Anwendung gefunden haben. Anfang 1930 übernahm Zwietusch die Leitung der Telephonfabrik Berliner AG. in Berlin-Steglitz und zu Anfang d. J. die Führung der Geschäfte der C. Lorenz AG. Neben der Leitung dieser Firmen hat Zwietusch sich auch als Vorstandsmitglied des Zentralverbandes der deutschen elektrotechnischen Industrie sowie des Verbandes Deutscher Schwachstromindustrieller um die Weiterentwicklung der deutschen Elektroindustrie verdient gemacht. Der Elektrotechnische Verein zählte diesen ausgezeichneten Mann zu seinen hervorragenden Mitgliedern; sein Hinscheiden bedeutet für uns einen schweren Verlust. —

Zum äußeren Zeichen der Teilnahme am Heimgang dieser verdienstvollen Männer bitte ich Sie, sich von den Plätzen zu erheben. —

Geschieht.

Ich möchte nun kurz berichten über die Beteiligung des Elektrotechnischen Vereins an den Feierlichkeiten zu Ehren des großen englischen Physikers Michael Faraday, die vom 21. September ab in London unter Beteiligung hervorragender Vertreter von Wissenschaft und Technik aus der ganzen Welt stattgefunden haben. Die Feierlichkeiten knüpften an an die Entdeckung der elektromagnetischen Induktion durch Faraday vor 100 Jahren am 29. August 1831. In Nr. 35 der ETZ hat Geheimrat Görges Faraday und die universelle Bedeutung seiner Arbeiten, insbesondere ihren unermeßlichen Einfluß auf die Entwicklung der Elektrotechnik, in beredten Worten gewürdigt. Der Elektrotechnische Verein hatte von den Veranstaltern der Feiern, der Royal Institution of Great Britain, an der Faraday seine forschende und lehrende Tätigkeit ausgeübt hat, und der Institution of Electrical Engineers, unserem englischen Bruderverein, ebenfalls eine Einladung erhalten. Der Vorstand unseres Vereins beschloß, der Einladung Folge zu leisten, und beauftragte mich mit seiner Vertretung. Ferner wurde beschlossen, bei dieser Gelegenheit, zugleich in Erwiderung der unserem Verein bei seinem goldenen Jubiläum von der Institution of Electrical Engineers erwiesenen Aufmerksamkeiten, der Institution eine Ehrengabe zu überreichen. (Beifall.) Auf meinen Vorschlag wurde dazu eine Nachbildung des elektromagnetischen Telegraphen von Gauß und Weber in Göttingen aus dem Jahre 1833 gewählt, weil in diesem Apparat die erste praktische Anwendung der großen Entdeckung Faradays verkörpert ist. Die Originale der Apparate werden bei der Universität in Göttingen als wertvolle Zeichen aus den frühesten Kinderjahren der Elektrotechnik aufbewahrt. Nebenbei sei erwähnt, daß Nachbildungen der Apparate u. a. auch in unserer Stadt an dem Denkmal von Gauß an der Potsdamer Brücke dargestellt sind.

Da die interessanten Apparate, die die Anfänge der elektrischen Telegraphie darstellen, in weiteren Kreisen heute leider nur wenig bekannt sind, möchte ich die Gelegenheit benutzen, sie hier kurz zu beschreiben.

Von Ende der 20er Jahre des vorigen Jahrhunderts an hatte sich Gauß in Göttingen mit der Untersuchung des Erdmagnetismus beschäftigt und dazu mannigfaltige Einrichtungen für die laufende Beobachtung der periodischen Veränderungen der Konstanten des Erdmagnetismus in Gestalt von Magnetometern verschiedener Art und Größe geschaffen. Von 1831 ab wurde er bei diesen Arbeiten durch seinen Freund, den Physiker Wilhelm Weber, wirksam unterstützt. Das Jahr 1831 war nun das Geburtsjahr der Entdeckung der elektromagnetischen Induktion durch Faraday, die einen gewissen Abschluß bildete für eine Reihe wichtiger Entdeckungen und Erfindungen auf dem Gebiete der Elektrizitätslehre, beginnend mit Oersteds bedeutsamer Entdeckung der Ablenkung der Magnetnadel durch den elektrischen Strom im Jahre 1820. Noch im selben Jahre hatte Ampère die Grundlagen der Elektrodynamik gefunden. Ebenfalls 1820 konstruierte Professor Schweigger die Multiplikatorspule. 1826 gab Poggendorff die Methode der Spiegelablesung mittels Fernrohrs an. 1827 stellte Ohm das nach ihm benannte Gesetz auf. Aus Aragos Entdeckung von 1824, die Faraday in ihrer Wirkung erklärte, ergab sich als praktische Nutzanwendung die dämpfende Wirkung, die eine kurz geschlossene Multiplikatorspule auf eine von ihr umschlossene Magnetnadel ausübt; Faradays Entdeckung der elektromagnetischen Induktion eröffnete schließlich die Möglichkeit, mit Hilfe von Magnetismus elektrische Ströme zu erzeugen. Es war kein Wunder, daß Männer so vielseitigen und so beweglichen Geistes wie Gauß und Weber sich nicht nur dem Studium dieser neuen Erscheinungen alsbald zuwandten, sondern sie auch für ihre eigenen Zwecke nutzbar zu machen suchten. So umgaben sie den aufgehängten Magnetstab ihrer Magnetometer mit einer Multiplikatorspule. Auf den Rahmen der Spule wurde zugleich eine kurzgeschlossene Drahtspule von geringem Widerstand aufgebracht, um die Schwingungen des Magnetstabs zu dämpfen. Ferner wurde für die so entstandenen Galvanometer von der Poggendorffschen Spiegelablesung Gebrauch gemacht. Mit diesen Einrichtungen konnten nun auch elektromagnetische und galvanomagnetische Beobachtungen und Messungen, u. a. über das Ohmsche Gesetz, angestellt werden. Da war es nur ein Schritt weiter, die Ablenkungen des Magnetstabes durch den elektrischen Strom unter Hinzufügung eines einfachen Stromwenders oder Kommutators, wie Gauß die Einrichtung nannte, mit dem die Ablenkungen beliebig nach rechts oder links gerichtet werden konnten, auch für eine telegraphische Signalisierung nutzbar zu machen. Weber verband zu diesem Zweck im Jahre 1833 das physikalische Kabinett mit der Sternwarte und dem magnetischen Observatorium durch eine über die Häuser der Stadt geführte über 1 km lange Doppelleitung aus blankem Kupferdraht von 1,1 mm Durchmesser, die bis 1844 bestanden hat. Das war die erste Telegraphenleitung. Der Telegraph selbst diente allerdings nur den beiden Gelehrten zum Austausch ihrer Beobachtungsergebnisse zwischen den 3 Stationen.

Die ersten Erwähnungen dieses Telegraphen finden sich in Briefen von Gauß an Alexander von Humboldt vom 13. Juni 1833 und an den Astronomen Olbers in Bremen vom 20. November 1833. Darin sagt Gauß u. a.: „Wir haben diese Vorrichtung bereits zu telegraphischen Versuchen gebraucht, die sehr gut mit ganzen Wörtern oder kleinen Phrasen gelungen sind. Diese Art, zu telegraphieren, hat das Angenehme, daß sie von Wetter und Tageszeit ganz unabhängig ist; jeder, der das Zeichen gibt und dasselbe empfängt, bleibt in seinem Zimmer, wenn er will, bei verschlossenen Fensterläden. Ich bin überzeugt, daß unter Anwendung von hinlänglich starken Drähten auf diese Weise auf einen Schlag von Göttingen nach Hannover oder von Hannover nach Bremen telegraphiert werden könnte."

Hieraus geht einwandfrei hervor, daß Gauß sich über die große praktische Bedeutung seiner Erfindung von vornherein klar war, er selbst hat aber mit Vorbedacht darauf verzichtet, sie für den allgemeinen Nachrichtenverkehr nutzbar zu machen, weil er das mit dem eigentlichen Zweck seiner wissenschaftlichen Arbeiten nicht glaubte vereinigen zu können. Das zeigt deutlich ein Brief an den Astronomen Schumacher vom 6. August 1835, in dem er schreibt: „In andern äußeren Verhältnissen, als die meinigen sind, ließen sich wahrscheinlich auch für die Sozietät — darunter ist ein von Gauß gegründeter Verein für magnetische Beobachtungen gemeint — wichtige und in den Augen des großen Haufens glänzende praktische Anwendungen daran knüpfen. Bei einem Budget von 150 Talern jährlich für Sternwarte und magnetisches Observatorium zusammen lassen sich freilich wahrhaft große Versuche nicht anstellen. Könnte man aber darauf Tausende von Talern wenden, so glaube ich, daß z. B. die elektromagnetische Telegraphie zu einer Vollkommenheit und zu einem Maßstabe gebracht werden könnte, vor der die Phantasie fast erschrickt. Der Kaiser von Rußland könnte seine Befehle ohne Zwischenstation in derselben Minute von Petersburg nach Odessa, ja vielleicht nach Kiachta geben, wenn nur der Kupferdaht von gehöriger (im voraus scharf zu bestimmender) Stärke gesichert hinführt, und an beiden Endpunkten mächtige Apparate und gut eingeübte Personen wären. Ich halte es nicht für unmöglich, eine Maschinerie anzugeben, wodurch eine Depesche fast so mechanisch abgespielt würde, wie ein Glockenspiel ein Musikspiel abspielt, das einmal auf eine Walze gesetzt ist.... Ich glaube, daß es möglich sein wird, in jeder Minute bis 5 bis 6 Buchstaben zu signalisie-

ren, wobei also nur die Länge der Depesche, aber gar nicht die Entfernung in Betracht kommt."

Als Stromquelle benutzten Gauß und Weber für ihren Telegraphen zuerst galvanische Elemente, aber schon am 4. November 1834 berichtet Gauß über die Konstruktion eines Induktors. Das war zunächst nur ein senkrecht aufgestellter Magnetstab, über dessen freies Ende mit beiden Händen eine lose Spule isolierten Drahtes geschoben und wieder abgezogen wurde. Aus dieser primitiven Einrichtung entstand aber schon im folgenden Jahre eine Art magnetelektrischer Maschine. Die über den Magnetstab geschobene Spule wurde nicht mehr mit den Händen ganz abgezogen und wieder aufgeschoben, sondern erhielt durch Auf- und Abwärtsbewegen eines mit ihr verbundenen zweiarmigen Hebels nur kleine Verschiebungen auf dem Magnetstab nach oben oder unten, durch die kurze Induktionströme und im Empfangsapparat kleine Zuckungen der Magnetnadel hervorgerufen wurden. Um die Stromimpulse zur Zeichenbildung in bestimmter Richtung die Magnetnadel umkreisen zu lassen, war mit dem Hebel noch ein Kommutator verbunden, der in einfachster Weise von Hand bedient werden konnte. Das war, soweit bekannt, die erste Nutzbarmachung der Faradayschen Entdeckung für einen praktischen Zweck. (Beifall.)

Ich möchte Ihnen nun die Apparate im Bilde zeigen. (Geschieht.)

Die der Institution of Electrical Engineers übersandten Apparate, die vom Deutschen Museum in München mustergültig nachgebildet worden sind, waren von einer künstlerisch ausgeführten Mappe begleitet, die eine Widmungsurkunde in Handmalerei, ein Begrüßungsschreiben und alle urkundlichen Belege für die Entstehung der Apparate, ihre Einrichtung, ihre Leistungen usw. enthält.

Die Institution hat ihre besondere Freude über die Ehrengabe in liebenswürdigster Form mündlich und schriftlich zum Ausdruck gebracht und mich gebeten, ihren Dank auch den Vereinsmitgliedern auszusprechen, was ich hiermit übermittle. (Lebhafter Beifall.) Außerdem hat sie die Apparate mit der Urkunde in der imposanten Faraday-Ausstellung in der Royal Albert Hall, die vortrefflich veranschaulicht, in welch erstaunlichem Maße Faradays Entdeckung die Gestaltung des heutigen Lebens beeinflußt, an hervorragender Stelle aufgestellt, wo sie viel Beachtung finden. Es ist beabsichtigt, die Apparate später dem Science-Museum in London, das dem Deutschen Museum der Technik in München entspricht, als ständige Leihgabe der Institution zu überweisen. (Großer Beifall.)

Wir treten nun in die heutige Tagesordnung ein. Gegen den Bericht über die letzte ordentliche Sitzung am 19. Mai sind keine Einwendungen erhoben worden; der Bericht gilt somit als angenommen. Seit dieser Sitzung sind erfreulicherweise 63 Neuanmeldungen eingegangen; eine Liste liegt hier aus. In der nächsten ordentlichen Sitzung am 27. Oktober wird Herr Dipl.-Ing. Kröll von der Firma Brown Boveri & Cie. vortragen über das Thema: „Bau und Aufstellung großer Drehstromgeneratoren in Wasserkraftanlagen". Ferner habe ich mitzuteilen, daß das seit mehreren Jahren übliche „Fest der Technik" auch in diesem Jahre, u. zw. am Sonnabend, dem 7. XI., stattfinden wird. Es soll aber diesmal mit Rücksicht auf die Not der Zeit noch mehr den Charakter eines Wohltätigkeitsfestes der Technik zum Besten der Hilfskassen der technisch-wissenschaftlichen Vereine erhalten. Aus dem Überschuß, der unter die veranstaltenden Vereine verteilt wird, sind schon bisher namhafte Summen in unseren Unterstützungsfonds geflossen. Schon manchem notleidenden Fachgenossen konnte aus diesem Fonds geholfen werden. Mit Rücksicht auf den guten Zweck der Veranstaltung darf ich Ihnen schon jetzt die Beteiligung nahelegen; auch der Besuch von Gästen ist dringend erwünscht.

Wir kommen nun zum zweiten Punkt der Tagesordnung, zum Vortrag des Herrn Dr. Eisner über das Thema: „Über die Bemessung von Langwellen-Flugfunkverbindungen." Ich bitte Herrn Dr. Eisner, das Wort zu nehmen.

Der Vortrag folgt.

Vorsitzender: Ich eröffne die Diskussion. Wird das Wort zu dem Vortrag gewünscht? — Das scheint nicht der Fall zu sein. Dann habe ich dem Herrn Vortragenden den herzlichsten Dank der Versammlung auszusprechen für seine interessanten Mitteilungen, die ebenso wichtig für die Flugfahrtechnik wie für die Nachrichtentechnik sind.

Ich schließe die Sitzung.

Neuanmeldungen zum Elektrotechnischen Verein e. V.

Becker, Henry Eric, Chief Engineer, Montreal, Qu. Canada
Berliner physikalische Werkstätten G. m. b. H., Berlin
Bleich, Emil, Dipl.-Ing., Berlin
Block, Erich, Kaufmann, Berlin
Böcker, Wilhelm, Ingenieur, Berlin
Boogaerdt, Willem Adrianns, Direktor, Dordrecht
Boetje, H. J., Direktor, 's Gravenhage
Cahen, Henri, Präsident, Paris
Dornig, Walter, Dr.-Ing., Bln.-Dahlem
Dost, Paul, Elektroing., Bln.-Lichterfelde
Draub, Lothar, Dipl.-Ing., Brieg (Bez. Breslau)
Ehrnreich, Hugo, Ingenieur, Brünn
Ekström, Vidar, konsult. Ingenieur, London
Elektrizitätswerk Südwest, A.-G., Bln.-Wilmersdorf
Elektromotoren-Werke Kaiser, Bln.-Tempelhof
Engel, Walter, Dr.-Ing., Bln.-Lichterfelde
Güttler, Adolf, Ingenieur, Potsdam
Guttwein, Günter, Dipl.-Ing., Berlin
Gwelessiani, Heraklius, Dipl.-Ing., Bln.-Charlottenburg
Harmsen, J. C., Ingenieur, Soerabaia (Niederl. Ost.-Indien)
Heaton, Frank, Administrateur Délégué, Boulogne-Billancourt
Helbich, Eberhard, cand. ing., Bln.-Charlottenburg
Hoedt, Hugo, Elektromonteur, Lossow b. Frankfurt/Oder
Hohn, Georg, Zögling der Gauss-Schule, Berlin
Koomans, N., Hoofdingenieur, Haag (Holland)
Leisner, Ernst-Georg, Dipl.-Ing., Bln.-Reinickendorf-West
Lerch, Karl, Ingenieur, Berlin
Lindner, Paul, Dipl.-Ing., Bln.-Halensee
Lorenz, Albrecht, Ingenieur, Bln.-Charlottenburg
Lurk, Hans Jochim, Dipl.-Ing., Bln.-Friedenau
Mattanovich, Drago, Ingenieur, Liubliana (Jugoslawien)
Murata, Yatuka, Ingenieur, Nagoya (Japan)
Naamlooze Vennootschap Hazemeyer, Fabrik elektrotechnischer Apparate, Hengelo (O)
Nagel, Walter, Ingenieur, Bln.-Reinickendorf-Ost
Nicolai, Sytze, Ingenieur, Probolinggo (Niederl. Indien)
Orschel, Hans, Dipl.-Ing., Frankfurt/Oder
Ousager, Per, Dipl.-Ing., Belfort (Frankreich)
Piek, Stefaan, Vice President, Syracuse, N. Y. USA
Rawak, Ernst, cand. ing., Charlottenhöhe
Reich, Franz, Direktor, Zilina CSR
Reichardt, Arthur, Fabrikant elektrotechnischer Apparate, Berlin
Rengier, Heinrich, Dr.-Ing., Bln.-Friedenau
Rieper, Gerhard, Dipl.-Ing., Bln.-Charlottenburg
Ringwald, Fritz, Direktor, Luzern
Ritter Elektrowärme G. m. b. H., Berlin
Rosenbaum, Hugo, Dipl.-Ing., Berlin
Shakaroff, David, Ingenieur, Paris
Sharp, Clayton H., Vice President, New York N. Y.
Seefeld, Georg, Zögling der Gauss-Schule, Eberswalde
Sette, Axel Martin, Obering., Göteborg (Schweden)
Schlesinger, Kurt, Dipl.-Ing., Dr.-Ing., Friedrichshagen
Schröder, Walter, Ingenieur, Bln.-Steglitz
Schwarz, Hugo, Dipl.-Ing., Bln.-Charlottenburg
Stedelijke Fabrieken van Gas en Electriciteit, Leiden
Stephanus, Arthur D., Direktor, Oslo (Norwegen)
Techel, Georg, Elektroing., Berlin
Tittel, Josef, Ingenieur, Bln.-Lübars
Westinghouse Cooper Hewitt Gesellschaft m. b. H., Berlin
Wiese, Fritz, Dipl.-Ing., Düsseldorf-Gerresheim
Windmüller, Alfred, Dipl.-Ing., Strausberg (Mark)
Winkelmann, Hans-Günther, Elektrotechniker, Berlin
Wohlauer, Alfred A., Dipl.-Ing., Berlin
Yasukawa, Daigoro, Direktor, Fukuokaken (Japan)

Besprechung des Vortrags[1]

des Herrn Dr.-Ing. Runge:

„Untersuchungen an amplituden- und frequenzmodulierten Sendern".

Vorsitzender: Herr Präsident Professor Dr.-Ing. E. h. Dr. K. W. Wagner.

Herr **Grützmacher:** Für mich sind die Ausführungen des Herrn Vortragenden sehr interessant gewesen, da auch ich seit etwa einem Jahr ähnliche Messungen mit derselben Methode mache und auch mir die Unsymmetrie der beiden Seitenbänder aufgefallen ist. Die elegante Erklärung, die der Vortragende für diese mir unverständliche Erscheinung gab, ist mir daher wie eine Erleuchtung gewesen.

Bei unseren Messungen handelte es sich besonders um das Problem, Sender am fernen Ort auf Modulationsgrad und Nichtlinearität zu kontrollieren. Wir empfingen im RPZ. mit einer aperiodischen Antenne und analysierten das empfangene Frequenzgemisch der verschiedenen Sender mit Hilfe einer Suchspannung, eines Gleichrichters und mit nachfolgendem tiefabgestimmten Siebglied und Niederfrequenz-Verstärker. Als Anzeigeinstrument wurde ein Vibrationsgalvanometer benutzt, so daß die „Modulationsbilder" photographisch aufgezeichnet oder die Amplituden der Teiltöne einzeln abgelesen werden konnten. Trotz eingehender Kontrolle unserer neuartigen, daher ohne Zweifel etwas unglaubwürdigen Meßapparatur blieb in vielen Fällen eine recht beträchtliche Unsymmetrie der Seitenbänder bestehen. Es stieß infolgedessen ein entsprechender Bericht an unsere Funkabteilung und das Ministerium auf stärkste Zweifel. Um so mehr freut es mich heute, daß

[1] ETZ 1931, S. 1322.

damals doch unsere Methode richtige Ergebnisse gehabt hatte. Wir haben im wesentlichen den Sender Witzleben untersucht und festgestellt, daß er im Vergleich zum Sender Königswusterhausen eine starke Unsymmetrie zeigte. Ich glaube Herrn Dr. RUNGE richtig verstanden zu haben, daß diese Unsymmetrie mit zunehmender Wellenlänge kleiner wird.

Vortragender: Darüber habe ich nichts ausgesagt. Die Frequenzmodulation ist einfach gleich Frequenzhub durch Modulationston. Nun wird natürlich, da ja die absolute Frequenzabweichung die Ursache dieser Erscheinung ist, bei einer niedrigen Trägerfrequenz, also einer längeren Welle, dieselbe prozentuale Frequenzschwankung einen kleineren Effekt hervorbringen; die Unsymmetrie tritt also bei kürzeren Wellen stärker hervor.

Herr **Grützmacher:** Die Unsymmetrie betrug beim Sender Witzleben für die Modulationsfrequenz 1000 Hz und 50prozentigen Modulationsgrad 50 %, während der Sender Königswusterhausen nur eine Unsymmetrie von 3 % aufwies. Dabei ist unter Unsymmetrie folgender Ausdruck verstanden:

$$\frac{|\mathfrak{n}_1 - \mathfrak{n}_2|}{\mathfrak{n}_1 + \mathfrak{n}_2}$$

($\mathfrak{n}_1$ und $\mathfrak{n}_2$ Amplituden der beiden Seitenfrequenzen).

Herr **Hahnemann:** Der Herr Vortragende bemerkte zum Schluß, daß es noch eine Frage der Zukunft sei, welche Bedeutung diese Messungen durch praktische Beobachtungen bei den Übertragungen erhalten werden. Es wird in diesem Zusammenhang vielleicht von Interesse sein, daß auf diesem Gebiet bereits einige Erfahrungen gemacht worden sind, u. zw. an Hand von Versuchen mit dem Maschinensender in München. Man hat nämlich bemerkt, daß dieser Sender, der seit einigen Jahren in Betrieb ist, in gewissen Entfernungszonen — etwa 100 ... 200 km — starke Verzerrungen zeigte, die größer waren als man sie sonst gewohnt ist. Herr HEILMANN vom Reichspost-Zentralamt in München hat diese Erscheinung auf die Phasenfrequenzmodulation, d. h. auf die Frequenzmodulation durch Phasenänderungen zurückgeführt. Beim Maschinensender, der auf Frequenzvervielfachung beruht, tritt nämlich diese Phasenänderung, die von der Amplitudenmodulation abhängt, besonders stark auf, da die Phasenänderung bei der Vervielfachung der Frequenz mit vervielfacht wird. Wenn also bei der Amplitudenmodulation die Phase im Primärfrequenzkreis sich auch nur ein wenig ändert, so kann diese Phasenänderung in der vervielfachten Frequenz doch von Bedeutung sein. Bei z. B. 10° Phasenänderung im Kreis der Primärfrequenz und 100facher Frequenzvervielfachung ergab sich eine Phasenänderung von 1000°, eine Größe, die ohne Vervielfachung gar nicht vorkommen kann. Auf Grund der Messungen hat sich tatsächlich ergeben, daß sich die Frequenz in einer Amplitudenmodulations-Periode um mehr als 1000 Hz änderte. Es wurden dann Untersuchungen zur Vermeidung dieser Frequenzmodulation angestellt, und als hinreichendes Mittel zu ihrer Vermeidung ergab sich die Konstanthaltung der Last. Es zeigte sich, daß man, um eine gefährliche Frequenzmodulation durch Phasenänderung zu verhindern, die Belastung auf wenige Prozent, 1 ... 2 %, konstant halten muß. Nachdem der Maschinensender in dieser Weise betrieben wurde, zeigten sich in den Störzonen in der Tat keine Verzerrungen mehr. Es hat sich also durch diese oben erwähnte Beobachtung die Annahme bestätigt. Wenn Frequenzmodulationen am Sender auftreten und beim Empfang eine Interferenz vorliegt, was in dieser Zone von 100 ... 200 km angenommen werden kann, dann führt also die Frequenzmodulation zu Verzerrungen. Beim Wegfall der Frequenzmodulation fallen auch diese Verzerrungen weg. Wir haben hier also einen bereits klaren Fall, indem durch Experimente bewiesen worden ist, daß der Empfang eines Senders mit Frequenzmodulation in der fraglichen Interferenzzone diese Verzerrungen bedingt. Herr HEILMANN hat dieses Ergebnis, nicht in dieser Form, sondern mehr theoretisch, auch veröffentlicht.

Herr **Schäffer:** Zu den Meßergebnissen beim Witzlebener und Zeesener Sender ist vielleicht noch folgendes zu sagen. Nachdem Herr HEILMANN in München die Frequenzänderungen während der Modulation gemessen hatte, haben wir in Gemeinschaft mit dem Reichspost-Zentralamt beim Witzlebener und Zeesener Sender dasselbe getan. Dabei ergab sich, daß die Frequenzmodulation beim Zeesener Sender etwa 2 ... 3mal so klein war wie beim Witzlebener Sender. Das würde auch mit den Messungsergebnissen des Herrn GRÜTZMACHER übereinstimmen.

Herr **Grützmacher:** Ich glaube doch nicht ganz; denn beim Zeesener Sender zeigte sich eine Unsymmetrie von nur 3 % gegen eine solche von 50 % beim Sender Witzleben, allerdings bei einer Modulationsfrequenz von 1000 Hz. Die statisch gemessene Frequenzabweichung beim Witzlebener Sender lag bei etwa 50 Hz. Wie ist es möglich, daß bei einer Frequenzmodulation von nur 50 Hz eine so starke Unsymmetrie bei einer Modulationsfrequenz von 1000 Hz auftritt?

Vortragender: Man müßte in der Tat, wenn die Unsymmetrie bei 1000 Hz 50 % und der Modulationsgrad 50 % betrugen, eine Frequenzschwankung von 150 Hz annehmen, also beträchtlich mehr als statisch gemessen wurde.

Elektrotechnischer Verein.
Der Generalsekretär:
Dr. Schmidt.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker

(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33.
Fernspr.: Amt C 4, Wilhelm 8864—8868.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Kommission für Betriebsvorschriften.

Die Kommission hatte in ETZ 1931, S. 550 u. ff. einen Schlußentwurf zu

Vorschriften nebst Ausführungsregeln für den Betrieb von Starkstromanlagen V.B.S./1932

veröffentlicht.

Da dieser Schlußentwurf einer nochmaligen juristischen Überprüfung unterzogen werden sollte und außerdem noch nach der vorgenannten Veröffentlichung einige sachliche Einwände verspätet eingelaufen waren, wurde der Redaktionsausschuß der Kommission durch die Jahresversammlung ermächtigt, den Schlußentwurf einer nochmaligen Überprüfung in juristischer wie auch zur Erledigung der nachträglich eingegangenen Einsprüche in sachlicher Hinsicht zu unterziehen.

Der Redaktionsausschuß hat in Ausübung dieser Redaktionsbefugnis die nachstehend wiedergegebenen Änderungen des Schlußentwurfes festgelegt.

Der Vorstand, der durch die Jahresversammlung 1931 bevollmächtigt war, die neuen V.B.S./1932 endgültig zu verabschieden, hat die V.B.S./1932 nunmehr mit dem 1. Januar 1932 in Kraft gesetzt.

Gleichzeitig hat der Vorstand die durch die neuen V.B.S./1932 überholten VDE-Arbeiten u. zw.:

1. Vorschriften nebst Ausführungsregeln für den Betrieb von Starkstromanlagen V.B.S./1929 (gültig ab 1. Juli 1929),
2. Normen für häufig gebrauchte Warnungstafeln (gültig ab 1. Juli 1910),

ebenfalls mit dem 1. Januar 1932 außer Kraft gesetzt.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

Nachtrag zum Schlußentwurf.

Vorschriften nebst Ausführungsregeln für den Betrieb von Starkstromanlagen V.B.S./1932.

§ 1.

Geltungsbereich.

Die Vorschrift b) wird durch folgenden neuen dritten Absatz erweitert:

„Für den Betrieb von Hausinstallationen gelten diese Vorschriften sinngemäß. Keine Anwendung finden § 3, § 4, § 5, Regel 1, b) bis g), Regel 2, i) und k), § 6, Regel 1 und g) bis m), § 8 c) und e) bis h), § 9 c) bis g), Anhang I.

Außerdem wird § 1 in dem Abschnitt „Begriffserklärungen" durch folgende neue Begriffserklärung q) erweitert:

„q) Hausinstallationen sind Abnehmeranlagen mit Spannungen bis höchstens 250 V gegen Erde, die nicht gewerblichen, industriellen oder landwirtschaftlichen Zwecken dienen."

§ 2.

Überwachung und Instandhaltung der elektrischen Anlagen.

Der letzte Satz des zweiten Absatzes der Vorschrift a) erhält folgende Fassung:

„Solche nachträglichen Anpassungen sind nur insoweit erforderlich, als die Belassung des bisherigen Zustandes einen erheblichen Mißstand, der das Leben oder die Gesundheit von Personen gefährdet oder eine unmittelbare Brandgefahr bedeutet."

Die Vorschrift b) erhält folgende geänderte Fassung:

„b) Maschinen und Apparate müssen in ordnungsmäßigem Zustande erhalten und in angemessenen Zwischenräumen gereinigt werden. Besonders ist auf die Einrichtungen zu achten, die der Sicherheit von Personen oder der Anlage dienen."

§ 3.

Einrichtungen und Anschläge zur Unfallverhütung und Brandbekämpfung.

Der zweite Absatz der Vorschrift f) erhält folgende geänderte Fassung:

„In elektrischen Betriebsräumen und in abgeschlossenen elektrischen Betriebsräumen ist die „Anleitung zur ersten Hilfe bei Unfällen" auszulegen oder lesbar anzuschlagen."

Der zweite Absatz der Vorschrift g) erhält folgende geänderte Fassung:

„In Betriebstätten sind Schilder oder Aufschriften nur bei Betriebspannungen von 1000 V und darüber erforderlich, bei Betriebspannungen unter 1000 V nur an gefährlichen Stellen. Blitzpfeile sind nach DIN VDE 6 auszuführen. In Anlagen mit Spannungen bis 250 V gegen Erde ist die Verwendung von Blitzpfeilen nur an Stellen mit erhöhter Gefahr gestattet."

§ 4.

Allgemeine Pflichten und Unterweisung der im elektrischen Betrieb Beschäftigten.

Regel 2 erhält folgenden geänderten Wortlaut:

„2. Bei Unfällen soll nach der „Anleitung zur ersten Hilfe bei Unfällen" verfahren werden. Die im elektrischen Betriebe Beschäftigten sollen von Zeit zu Zeit im Rettungswesen unterwiesen und praktisch geschult werden."

§ 6.

Maßnahmen zur Herstellung und Sicherstellung des spannungsfreien Zustandes bei Arbeiten an elektrischen Anlagen.

Die Vorschriften g) bis k) werden durch folgende neue Fassung ersetzt:

„g) Zum Schutze gegen Gefährdung durch zufälliges oder versehentliches Wiedereinschalten oder gegen etwa vorhandene Rückspannungen sowie gegen Gefährdung durch Induktionströme müssen an der Arbeitstelle die Teile, an denen gearbeitet werden soll, geerdet und kurzgeschlossen werden. Für den Fall, daß bei der Arbeit die Leitung unterbrochen wird oder die Arbeiten an einer Unterbrechungstelle (z. B. Trennschalter) vorgenommen werden, muß an beiden Seiten der Unterbrechungstelle geerdet und kurzgeschlossen werden.

h) In Anlagen, in denen die Trennstellen aller zur Arbeitstelle führenden Leitungen offen ersichtlich sind und etwaige Schaltungen nur innerhalb des Raumes, in dem die Arbeitstelle liegt, vorgenommen werden können und Rückspannungen nicht zu befürchten sind, kann von einer Erdung und Kurzschließung der Arbeitstelle abgesehen werden, auch dann, wenn die Leitung aufgetrennt wird.

i) In Freileitungsnetzen ist an der bzw. den in Frage kommenden Abschaltstellen grundsätzlich eine Erdung und Kurzschließung der Leitung, an der gearbeitet werden soll, vorzunehmen. Liegt die Arbeitstelle in der Nähe der Trennstelle, so kann von der unter g) geforderten Erdung und Kurzschließung an der Arbeitstelle abgesehen werden.

Erfolgt die Abschaltung durch Mastschalter, so kann man sich mit einer Kurzschließung an einem der nächsten Maste begnügen, wenn die Mastschalter gegen unbefugtes Wiedereinschalten gesichert sind. An der Arbeitstelle ist aber stets eine behelfsmäßige Erdung für die Ableitung von Induktionströmen anzubringen, bei Auftrennung der Leitung auf beiden Seiten der Arbeitstelle.

k) Erdungen und Kurzschließungen dürfen erst vorgenommen werden, nachdem sich der Arbeitende davon überzeugt hat, daß dies ohne Gefahr geschehen kann oder, wenn ihm die Abschaltung des betreffenden Teiles von einer verantwortlichen Person gemeldet ist. Vor Beginn der Arbeit ist stets zuerst zu erden und dann kurzzuschließen. Nach Beendigung der Arbeit ist zuerst die Kurzschließung und erst dann die Erdung aufzuheben."

§ 8.

Arbeiten unter Spannung.

Dieser Paragraph erhält folgende geänderte Fassung:

„§ 8.

Arbeiten unter Spannung.

a) Alle Arbeiten unter Spannung dürfen nur durch besonders damit beauftragte und mit der Gefahr vertraute Personen ausgeführt werden. Zweckentsprechende Schutzmittel sind bereitzustellen und zu benutzen; sie sind von dem Benutzer vor Gebrauch nachzusehen [siehe § 2c) und § 31]. Die Arbeiten dürfen nur mit dicht anschließender Kleidung ausgeführt werden.

b) Arbeiten an unter Spannung stehenden Teilen sind nur in Anlagen mit Spannungen bis 250 V gegen Erde gestattet und auch nur dann, wenn es aus Betriebsrücksichten nicht angängig ist, die Teile der Anlage, an denen selbst oder in deren unmittelbarer Nähe gearbeitet werden soll, spannungsfrei zu machen [Ausnahmen siehe e) und f)].

1. Solche Betriebsrücksichten werden im allgemeinen vorliegen:

Bei Betriebsarbeiten in Leitungsnetzen der Elektrizitätswerke, besonders bei Ausführung von Hausanschlüssen, Umschaltung von Leitungen u. dgl., wenn mit einer Abschaltung die Stromversorgung einer größeren Zahl von Abnehmern unterbrochen werden würde; auch kann die Rücksicht auf einzelne wichtige Abnehmer ein Arbeiten unter Spannung notwendig machen.

Ebenso kann in wichtigen Betrieben, deren Erzeugnisse durch Störung des Herstellungsvorganges entwertet werden, ein Arbeiten unter Spannung erforderlich sein.

c) Bei Anlagen mit Spannungen über 250 V gegen Erde dürfen Arbeiten unter Spannung nur in Notfällen und nur in Gegenwart einer geeigneten und unterwiesenen Person sowie unter Beachtung geeigneter Vorsichtsmaßnahmen ausgeführt werden [Ausnahmen siehe g) und h)].

d) In feuchten, durchtränkten und ähnlichen Räumen sind bei Spannungen über 250 V gegen Erde Arbeiten unter Spannung verboten; bei Spannungen bis 250 V gegen Erde dürfen Arbeiten unter Spannung nur in besonderen Ausnahmefällen und nur in Gegenwart einer geeigneten und unterwiesenen Person sowie unter Beachtung entsprechender Vorsichtsmaßnahmen ausgeführt werden.

e) In feuer- und explosionsgefährdeten Betriebstätten und Lagerräumen sowie in schlagwettergefährdeten Grubenräumen sind Arbeiten unter Spannung verboten.

f) An Freileitungen mit Spannungen über 250 V gegen Erde dürfen Arbeiten unter Spannung nicht vorgenommen werden.

g) An Akkumulatoren sind Arbeiten unter Spannung bei Beachtung geeigneter Vorsichtsmaßnahmen gestattet. Eine geeignete und unterwiesene Person ist nur bei Betriebspannungen von 1000 V und darüber erforderlich.

h) In Prüffeldern und Laboratorien sind Arbeiten unter Spannung auch bei Spannungen über 250 V gegen Erde zulässig, jedoch dürfen mit ihnen nur Personen betraut werden, die ausreichendes Verständnis für die vorhandenen Gefahren besitzen und sich ihrer Verantwortung bewußt sind.

i) Die Bestimmungen unter b), c) und d) gelten in Elektrizitätswerks- und Industrieanlagen mit der Maßgabe, daß an Stelle von Spannungen bis 250 V gegen Erde eine Betriebspannung von 500 V tritt."

§ 9.

Arbeiten in der Nähe von Spannung führenden Teilen.

Der letzte Satz der Vorschrift b) erhält folgenden geänderten Wortlaut:

„Für einen festen Standort ist zu sorgen."

Die bisherige Vorschrift f) erhält den Kennbuchstaben c) mit folgender Fassung:

„c) Arbeiten an Starkstrom- oder Fernmeldeleitungen in gefahrbringender Nähe von Leitungen mit Spannungen über 250 V gegen Erde sind nur gestattet, wenn

die letztgenannten Leitungen abgeschaltet, geerdet und kurzgeschlossen oder sonstige ausreichende Schutzmaßnahmen [vgl. a) und g)] getroffen sind."

Die bisherige Vorschrift c) wird der neuen Vorschrift c) als zweiter Absatz zugefügt.

Der zweite Absatz der Vorschrift e) erhält folgenden erweiterten Wortlaut:

„Ein unter der Arbeitstelle liegender Stromkreis muß abgeschaltet und wenigstens an der Arbeitstelle geerdet und kurzgeschlossen werden. Von der Abschaltung kann abgesehen werden, wenn es sich um eine wichtige Leitung handelt, deren Abschaltung eine schwere Schädigung für das versorgte Gebiet bedeutet und, wenn der Abstand zwischen der Arbeitstelle und der darunter liegenden, Spannung führenden Leitung so groß ist, daß für das arbeitende Personal auch beim Handhaben der Werkzeuge keine Berührungsgefahr besteht. Das Personal ist auf die erhöhte Gefahr besonders aufmerksam zu machen."

Die bisherigen Vorschriften g) und h) erhalten nunmehr die Kennbuchstaben f) und g).

In der neuen Vorschrift f) wird die Spannungsangabe „50 kV" geändert in „30 kV".

Anhang.

II. Warnungsschilder und Warnungstexte.

Der Absatz a) erhält folgenden geänderten Wortlaut:

„a) Soweit für Blitzpfeile und Warnungstexte besondere Schilder verwendet werden, sind die unter c) in Abb. 1 bis 6 angegebenen Schildgrößen A bis F möglichst einzuhalten. Schilder und Schrift sollen haltbar und wetterbeständig sein."

40-jähriges Bestehen des Elektrotechnischen Vereins Leipzig.

Sonnabend, den 3. Oktober 1931, beging der Elektrotechnische Verein Leipzig der augenblicklichen Notzeit entsprechend in einfachem, würdigen Rahmen die Feier seines 40jährigen Bestehens in Anwesenheit einer großen Zahl seiner Mitglieder und vieler Ehrengäste.

Um 16 Uhr fand im Festsaal des Neuen Rathauses eine von einem Streichquartett des Leipziger Gewandhaus-Orchesters umrahmte Festsitzung mit Damen statt, in der der derzeitige Vorsitzende, Herr Direktor Dipl.-Ing. Swoboda, nach Begrüßung der Erschienenen über die Geschichte des Elektrotechnischen Vereins Leipzig berichtete.

Eine 27 Seiten umfassende Festschrift „40 Jahre Elektrotechnischer Verein Leipzig 1891—1931" berichtet über seinen Werdegang und die Entwicklung der Elektrotechnik im Vereinsgebiet.

Hierauf sprachen Herr Oberbaurat Matkowsky für den Kreishauptmann, Herr Stadtbaurat zur Nieden für den Rat der Stadt Leipzig und das Messeamt, der Generalsekretär Schirp für den VDE und die ihm angeschlossenen Elektrotechnischen Vereine und Gesellschaften, Herr Direktor Meyer für die sächsischen Eltwerke und Herr Professor Bauer für den Verband technisch-wissenschaftlicher Vereine in Leipzig.

In einer einstündigen Festrede gab Herr Geheimrat Professor Dr. Goerges einen interessanten Rückblick über die Entwicklung der Elektrotechnik seit dem Gründungsjahr des Elektrotechnischen Vereins Leipzig, den er mit zahlreichen technischen Einzelheiten eigener Erfahrung auszuschmücken verstand.

Der Abend vereinigte Mitglieder und Gäste zu einem geselligen Beisammensein im Zoo. *Schp.*

SITZUNGSKALENDER.

Dresdner Elektrotechn. Verein. 22. X. 1931, abds. 7½ h, Gr. Hörsaal des El. Inst. der T. H.: Vortrag Dr. Schäfer, „Fernmessung, Fernsteuerung und Fernregelung als Betriebsmittel in der modernen Großkraftversorgung"

Thür. Elektrotechn. Verein Erfurt. 24. X. 1931: Besichtigung der Ingenieurschule Weimar mit Vortrag der Direktion. Abfahrt 15 h 1 m Hauptbahnhof Erfurt.

Elektrotechn. Gesellschaft Halle a. S. 24. X. 1931, nachm. 5¾ h, Gr. Saal des Stadtschützenhauses: Festsitzung zur Feier des 10jähr. Bestehens.

Oberschles. Elektrotechn. Verein Hindenburg. 23. X. 1931, nachm. 5 h, Büchereisaal der Donnersmarckhütte: Vortrag Ing. Schreiber, „Von der Bleisicherung bis zur Hochleistungsicherung für vermaschte Netze".

Elektrotechn. Verein München. 21. X. 1931, abds. 8 h, Hörsaal 127 der T. H.: Vortrag Dr.-Ing. Knoops, „Die Vorteile der Anwendung der Elektrowärme für Industrie und Elektrizitätswerke".

Pomm. Elektrotechn. Verein, Stettin. 23. X. 1931, abds. 8¼ h, Konzerthaus: Vortrag Obering. Dahl, „Versuchsanlage für Atomzertrümmerung auf dem Monte Generoso und die bisherigen Ergebnisse."

Röntgen-Vereinigung zu Berlin und Ärztlicher Verein für Strahlenkunde. 29. X. 1931, abds. 8 h, Hörsaal des Universitätsinstituts für Strahlenforschung, Luisenstr. 7. U. a. a) Vortrag F. Herz, „Gerät für Spezialaufnahmen des Schädels". b) Vorführung eines Projektionsapparates der Firma Ernst Leitz zur Projektion von Originalfilmen (ohne Umweg über das Diapositiv).

Arbeitsgemeinschaft deutscher Betriebsingenieure im VDI, Berlin (gemeinsam mit dem AWF). 29. X. 1931, 7¾ h Aula der T. H.: Vortrag Dir. A. Peterhans, „Vorteile der Vereinheitlichung im Schnitt- und Stanzenbau". (2. Vortrag der Reihe über „Tagesfragen der Betriebstechnik".) Eintrittspreis 1,50 RM, Karten am Saaleingang erhältlich. Teilnehmerkarten für die ganze Reihe (Preis 8 RM) sind zu beziehen durch die Geschäftstelle: Berlin NW 7, Ingenieurhaus.

PERSÖNLICHES.

Th. A. Edison †. — Am 18. d. M. starb in seinem Heim in West-Orange (New Jersey) Thomas Alva Edison, nachdem er am Freitag bereits das Bewußtsein verloren hatte. Edison hat ein Alter von 84 Jahren erreicht. Wir kommen auf die Verdienste des bedeutenden Mannes demnächst zurück.

H. Ph. Davis †. — Am 10. IX. starb in Pittsburgh, Pa., der Vizepräsident und Direktor der Westinghouse El. & Mfg. Co., Dr. Harry Phillips Davis. Dr. Davis ist 1868 geboren und gehörte seit 1891 zum Mitarbeiterstab der Westinghouse Co. Er war ein Ingenieur und Führer großen Ausmaßes, außerdem auch ein besonders befähigter Konstrukteur. Unter seiner maßgebenden Mitarbeit wurde die New York, New Haven and Hartford-Bahn elektrisiert; von seinen weiteren besonderen Leistungen sei hier nur noch die Entwicklung des Rundfunks in Amerika erwähnt, die großenteils seiner Initiative zu verdanken ist.

Hochschulnachrichten. — Der Direktor der Forschungsabteilung der Telefunken-Gesellschaft, Dr. Fritz Schröter, bekannt durch seine Arbeiten auf dem Gebiet der Bildübertragung, des Fernsehens und der ultrakurzen Wellen, ist von der T. H. Berlin zum Honorar-Professor in der Fakultät für Allgemeine Wissenschaften ernannt worden.

LITERATUR.

Besprechungen.

A Study of the induction motor. Von F. T. Chapman, D. Sc. Mit zahlr. Fig. i. Text. XVI u. 289 S. in gr. 8⁰. Verlag Chapman & Hall, Ltd., London 1930. Preis geb. 21 s.

Ein ausgesprochenes „Professorenbuch", das wohl im wesentlichen für die Schüler des Verfassers als Ergänzung des Kollegs dienen soll. Demgemäß ist der bei weitem überwiegende Teil des Buches der Theorie gewidmet, wobei mir wesentliche Unterschiede gegenüber der bei uns gebräuchlichen Behandlungsweise nicht aufgefallen sind; allerdings scheint der Verfasser die rein formelmäßige Darstellung gegenüber der graphischen zu bevorzugen. Außer dem gewöhnlichen Drehstrommotor mit und ohne Schleifringe werden auch der synchronisierte Asynchronmotor, der polumschaltbare Motor und die Kaskadenschaltung eingehend behandelt. Von besonderem Interesse ist ein Kapitel über den in Deutschland nur wenig bekannten Hunt-Motor; es ist dies ein Motor, dessen Ständer und Läufer mit je zwei Wicklungen verschiedener Polzahl ausgerüstet sind, die in Kaskade geschaltet werden, wobei sich die Möglichkeit der Verwendung eines Anlaßwiderstandes im sekundären oder vielmehr tertiären Stromkreis ohne Benutzung von Schleifringen ergibt; diese (schon früher bekannte) Anordnung ist von Hunt durch eine besondere Wicklungsart verbessert worden, bei der die sich elektrisch aufhebenden Leiter fortgelassen werden. — Auch der Einphasen-Induktionsmotor ist kurz behandelt, aber ebenfalls nur rein theoretisch, irgendwelche Angaben über praktisch bewährte Schaltungsweisen fehlen, auch über die Verwendung von Kondensatoren in der Hilfsphase wird nichts erwähnt. — Dem Doppelkäfigmotor sind nur wenige Seiten gewidmet. L. Schüler.

L'Appareillage électrique. Von L. Lagron. Mit 334 Abb. i. Text u. 587 S. in kl. 8⁰. Verlag Albert Blanchard, Paris 1930. Preis geh. 36 Fr.

Das kleine Werk will eine Übersicht über die Theorie, Konstruktion und Anwendung aller jener Organe geben, die in elektrischen Anlagen dazu dienen, die Verbindung der einzelnen Teile der Anlage herzustellen und zu lösen und die Anlage gegen Störungen zu schützen. Die beiden einleitenden Kapitel bringen die Einteilung der Apparate nach Strömen und Spannungen, die genormten Abstufungen, die thermischen, elektrischen und mechanischen Beanspruchungen sowie die Eigenschaften der Baustoffe. Unter dem Titel Kleinapparate werden dann die in Hausinstallationen verwendeten Schalter, Sicherungen, Stecker, Fassungen usw. beschrieben, in den folgenden drei Kapiteln die Großapparate für Niederspannung, d. h. solche für Ströme von mehr als 25 A, Ein- und Umschalter, Sicherungen, Überspannungschutz-Einrichtungen, selbsttätige Schalter, Anlaß- und Regelwiderstände. Die letzten drei Kapitel endlich beschreiben die Hochspannungsapparate, Luftschalter, Trennmesser, Überspannungschutz, Ölschalter mit ihren Relais und Auslösevorrichtungen, ferner Verteilungstafeln und Masttransformatorstationen. Die eingehende Behandlung der konstruktiven Einzelheiten und die gute Auswahl der Beispiele und Abbildungen lassen das Buch als sehr brauchbare Einführung in das Gebiet der Starkstromschaltgeräte erscheinen. Fraenckel.

Die neuzeitliche Dampfturbine. Von Dr.-Ing. Dr. techn. h. c. E. A. Kraft. 2., erw. Aufl. Mit 250 Abb. u. 2 Tab., VIII u. 216 S. in 4⁰. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1930. Preis geb. 20 RM; für VDI-Mitglieder 18 RM.

In diesem Buch, das bereits in seiner ersten Auflage großen Anklang gefunden hat, wird ein Überblick über den heutigen Stand des Dampfturbinenbaues in den Industrieländern gegeben. Die Vertrautheit mit den Grundlagen der Wärmelehre und des Dampfturbinenbaues wird vorausgesetzt. Der an führender Stelle des praktischen Turbinenbaues mitarbeitende Verfasser bespricht eingehend die gegenwärtigen Bestrebungen auf diesem Arbeitsgebiet unter Wiedergabe der vorliegenden Erfahrungen und der dabei gewonnenen Einsichten.

Nach Besprechung der Mittel zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit, wobei der Einfluß des Dampfdruckes vor und hinter der Maschine, der Einfluß der Frischdampftemperatur und die Fragen der Zwischenüberhitzung, der Speisewasservorwärmung und der Abdampfausnutzung behandelt werden, sowohl in ihrem Einfluß auf die Projektierung der Dampfturbinen als auch auf die Gestaltung der Einzelteile, werden an Hand der Baustoffragen die technischen Grenzen der Ausführbarkeit festgelegt. Besonders verdienstlich ist es, wenn der Verfasser für ein in so starker Entwicklung befindliches Gebiet, dem durch den Übergang auf höhere Drücke in den letzten Jahren wiederum neue Aufgaben gestellt worden sind, Richtlinien für den Entwurf aufstellt. Seine Stellungnahme ist dabei selbstverständlich nicht vollkommen unbeeinflußt von seinem Tätigkeitsfeld, und er befindet sich dabei in Übereinstimmung mit denjenigen deutschen Firmen, die die Brünner Bauart übernommen haben. Neben einer großen Anzahl von Ausführungsbeispielen für direkten Antrieb sind auch die Getriebeturbine mit Angaben über das Getriebe selbst und die Höchstdruckturbine nach dem heutigen Stand der Entwicklung behandelt. Mit einem Kapitel über die Kondensation und ihre Hilfsmaschinen schließt das Buch, in dem der heutige Stand des Turbinenbaues meisterhaft und vorbildlich wiedergegeben ist.

Da in einer Besprechung die Mängel pflichtgemäß nicht verschwiegen werden dürfen, auch dann, wenn sie den Gesamteindruck nicht beeinträchtigen, so sei darauf hingewiesen, daß Behauptungen, wie etwa die auf Seite 63 wiedergegebene, nämlich daß Kohlestopfbüchsen derart ausgebildet werden, „daß die Kohleringe stets, also im kalten Zustande und auch bei einer Wärmedehnung der Welle an dieser mit einer gewissen Pressung anliegen“, bei einer späteren Auflage vermieden werden sollten, da eine solche Ausführung nicht möglich ist; auch Abbildungen wie etwa Nr. 85 sollten durch solche ersetzt werden, die den auftretenden Kräften durch richtige Materialstärken Rechnung tragen und der wirklichen Ausführung — siehe z. B. Abb. 134 — entsprechen.

Der große Wert des Buches für alle, die sich über den heutigen Stand des Turbinenbaues unterrichten wollen, seien es nun Ingenieure, die in der Dampfturbinen bauenden oder in der Dampfturbinen verwendenden Industrie stehen, sei zum Schluß noch einmal ausdrücklich hervorgehoben. K. Röder.

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Die Elektroindustrie Frankreichs im Jahr 1930[1] — Nach dem Jahresbericht des Syndicat Général de la Construction Electrique, der Spitzenorganisation der französischen elektrotechnischen Industrie, betrug in den ersten Monaten des Jahres 1931 im Vergleich zur gleichen Zeit von 1930 die Verringerung der Auftragsbestände für größere elektrische Maschinen 50, für Kleinmotoren 40, für kleine Geräte und Haushaltsapparate 30, für größere elektrische Vorrichtungen 20 %. Die Kürzung der wöchentlichen Arbeitszeit auf 40 h ist im Begriff, allgemein Regel zu werden. Der Bericht der erwähnten Organisation unterstreicht die Auswirkungen des verschärften Wettbewerbs und verlangt nach schützenden Maßnahmen, zunächst einer Revision des bestehenden Zollsystems, darüber hinaus nach Unterstützung der französischen Industrie bei Bearbeitung neuer Märkte, vor allem in den französischen Kolonien. Im Interesse einer Besserung der Wettbewerbsbedingungen lag die verstärkte Konzentrationsbewegung, die besonders in den Transaktionen der Thomson-Houston-Gruppe und der Cie. Générale d'Electricité zum Ausdruck kam.

Die Außenhandelsentwicklung des Jahres 1930 kann, trotz der Erhöhung des Einfuhrüberschusses von 141 auf 197 Mill Fr, nicht als ungünstig bezeichnet werden; sie zeigt folgende Beträge:

Jahr	Einfuhr		Ausfuhr	
	Mill Fr	1000 t	Mill Fr	1000 t
1929	641	12,45	500	12,15
1930	769	15,20	572	18,60

Der deutsche Anteil an der französischen Elektroeinfuhr betrug nach dem Bericht 8900 t im Wert von 377 Mill Fr (etwa 55 % der Gesamtsumme), wovon 4900 t im Wert von 153 Mill Fr auf Reparationlieferungen entfielen. An erster Stelle unter den Einfuhrgruppen stehen Stromerzeuger, an zweiter Funkapparate, an dritter sonstige elektrische Geräte.

Die Abschlüsse der großen französischen Elektrofirmen zeigen für das Jahr 1930 noch kaum Auswirkungen der in dem genannten Bericht dargestellten Verschlechterung der Marktlage. Sowohl die Cie. Française pour l'Exploitation des Procédés Thomson-Houston als auch die Cie. Générale d'Electricité weisen erhöhte Reingewinne aus. Die wichtigsten Bilanz- und Erfolgsziffern, die wir nachstehend zusammenstellen, geben ein Bild der auch im vergangenen Jahr fortgesetzten Interessenausdehnung und Gewinnsteigerung:

	Thomson-Houston		Cie. Générale d'Electricité	
	1929	1930	1929	1930
	Mill Fr		Mill Fr	
Aktienkapital	330,00	440,00	130,00	130,00
Rücklagen	116,32	139,37	177,96	181,67
Obligationen	80,19	73,55	145,84	236,79
Anlagen	243,63	249,65	152,92	189,61
Beteiligungen	281,83	316,68	270,83	293,76
Reingewinn	19,22	21,54	27,61	28,72
Reingewinn einschl. Vortrag	24,29	27,41	29,09	30,80
Dividende in %	6	6	17	18

Die Cie. Française Thomson-Houston ist jetzt, nachdem sie im Herbst 1928 zusammen mit der Sté. Alsacienne de Constructions Mécaniques ihre hauptsächlichsten Fabrikationsanlagen an die Sté. Générale de Constructions Electriques et Mécaniques (Alsthom) verpachtet hat, mehr eine Holding- als eine Fabrikationsgesellschaft. In den sieben großen Anlagen der Alsthom werden folgende Erzeugnisse hergestellt:

Belfort: elektrische Maschinen, elektrisches Großmaterial;
St. Queen: Transformatoren, Hochspannungsapparate, Bahn- und Kranmaterial, verschiedene elektrische Maschinen;
Lecourbe-Paris: Hoch- und Niederspannungsmaterial, Schalt-, Kontrollapparate, automatische Steuerungen;
Jarville: normalisierte Drehstrommotoren bis zu Leistungen von 50 PS;
Lesquin: Heiz- und Kochapparate;
Neuilly-sur-Marne: kleinere Spezialmotoren, elektrische Bohrer, Ventilatoren usw.;
Colombes: Isoliermaterial aller Art.

Die eigenen Fabrikationsanlagen der Thomson-Houston, zwei in Paris gelegene Betriebe, die hauptsächlich Drähte und Kabel, Signalvorrichtungen und Funkgeräte produzieren, haben auch 1930 zufriedenstellend gearbeitet; lediglich bei teureren Funkgeräten und Sprechapparaten machte sich die Krise in einer leichten Absatzverminderung geltend. Ebenso sind auch die Umsatz- und Einnahmeergebnisse der Alsthom, deren Geschäftsjahr Ende März 1931 abschloß, hinter

[1] Vgl. ETZ 1930, S. 1540.

den vorjährigen nicht zurückgeblieben. Der im Vorjahr (18 Monate) erzielte Überschuß von 57,12 Mill Fr wurde für Abschreibungs- und Reservezwecke verwandt, eine Dividende kam nicht zur Verteilung. Das Aktienkapital hat die Alsthom zu Beginn des Jahres 1930 von 400 auf 450 und gegen dessen Ende auf 500 Mill Fr erhöht. Der Entwicklung neuer Märkte dienen zwei von ihr gegründete Absatzfinanzierungsgesellschaften: Le Matériel Domestique und Le Crédit Electrique. Für die Bearbeitung ausländischer Märkte bestehen zehn Tochtergesellschaften und Niederlassungen in verschiedenen europäischen Ländern, außerdem eine Reihe Vertretungen in einigen europäischen und überseeischen Gebieten.

Die bemerkenswertesten Transaktionen des vergangenen Jahres, abgesehen von der Übernahme der Kontrolle der Constructions Electriques de France durch die Alsthom, waren in Spanien die Gründung der General Eléctrica Española sowie ein Patentbenutzungsabkommen, das die Alsthom im August 1930 mit der Internationalen Ljungström-Union, Basel, abgeschlossen hat. An diesem Abkommen waren neben der schwedischen Muttergesellschaft u. a. die AEG, die SSW und die AG. Brown, Boveri & Cie. beteiligt. Bei der Gründung der erwähnten spanischen Gesellschaft wirkten auch die amerikanische General Electric Co. sowie die Sociedad Iberica de Construcciones Eléctricas mit, die schon vorher zur Thomson-Houston in engeren Beziehungen gestanden hatte.

Die Thomson-Houston, die 1893 unter Mitwirkung der Thomson-Houston International Electric Co. (später in der General Electric Co. aufgegangen) mit einem Aktienkapital von 1 Mill Fr gegründet wurde, besaß vor dem Krieg 60, im Jahr 1919 200 Mill Fr Aktienkapital. In den Jahren 1923 und 1924 erfolgten weitere Kapitalerhöhungen auf 300 Mill Fr. 1929 wurden 30 Mill Fr Vorzugsaktien geschaffen; die letzte Kapitalerhöhung auf 440 Mill Fr erfolgte im August 1930. Die International General Electric Co. ist auch heute noch am Kapital maßgeblich beteiligt; ebenso kommt in der Zusammensetzung des Verwaltungsrats der amerikanische Einfluß durch Entsendung von drei Vertretern zum Ausdruck. Unter den zahlreichen Tochtergesellschaften, die fabrikatorisch tätig sind, erwähnen wir die mit 70 Mill Fr ausgestattete Compagnie des Lampes, ein 1921 gemeinsam mit der Compagnie Générale d'Electricité errichtetes Unternehmen, das Mitglied der internationalen Glühlampenkartells ist, ferner die Porcelainerie de Lesquin, die durch ihre 1930 eingeleitete Zusammenarbeit mit der Compagnie Générale d'Electro-Céramique eine weitere wichtige Brücke zur Compagnie Générale d'Electricité bildet. Die zum Konzernbereich gehörenden, auf dem Gebiet von Röntgenröhren und medizinischen Apparaten tätigen Etablissements Gaiffe-Gallot et Pilon übernahmen im vergangenen Jahr die Sté. Ropiquet, Hazart et Royacourt, erhöhten zu diesem Zweck ihr Aktienkapital von 12 auf 21 Mill Fr und änderten ihren Namen in Cie. Générale de Radiologie um. Andere wichtige Firmen des Konzerns sind die Eclairage de Vehicules sur Rail, an der gleichzeitig die Cie. Générale d'Electricité beteiligt ist, ferner die Sté. d'Applications industrielles, die Apparails de Levage, das Etablissement Adt, die Condenseurs Delas und die Ateliers J. Carpentier. In Belgien ist die Thomson-Houston an der Sté. Belge pour Electricité et Mécanique C. E. M. beteiligt, die, wie sie selbst, in engeren Beziehungen zur amerikanischen General Electric steht. Die Interessen, die die Thomson-Houston teils direkt, teils auf dem Wege über einige große Dachgesellschaften an mehreren französischen Elektrizitätsunternehmungen besitzt, sind im allgemeinen mit dem französischen Interessenkreis der Sofina identisch.

Die erwähnte Gesellschaft Constructions Electriques de France, die früher zum Interessenbereich der Cie. des Chemins de Fer du Midi gehörte und elektrische Maschinen, Turbinen, elektrische Lokomotiven und andere starkstromtechnische Einrichtungen herstellt sowie Kraftwerksbauten ausführt, arbeitet seit einer Reihe von Jahren mit einem Aktienkapital von 67,5 Mill Fr und 20 000 Gründeranteilen. Gegenwärtig befinden sich vom Aktienkapital 56,4 Mill Fr und von den Gründeranteilen 10 171 Stück in Händen der Alsthom. Die letzte Kapitalerhöhung der Alsthom um 50 Mill Fr diente fast ausschließlich dem Aktienaustausch mit dieser Gesellschaft. Die Geschäftsergebnisse der Construction Electriques de France für 1930 sind ausgesprochen günstig, eine Folge der umfangreichen Mitwirkung an der Elektrisierung französischer Eisenbahnen. Der Betriebsgewinn stieg von 12,94 auf 15,55 und der Reingewinn von 2,59 auf 5,11 Mill Fr, so daß jetzt die Gesellschaft erstmalig seit ihrer Gründung (1918) eine Dividende (6 Fr je Aktie) hat ausschütten können. In der Bilanz werden die eigenen Betriebe mit 37,85, Wertpapiere und Beteiligungen mit 5,09, laufende Arbeiten mit 44,00 Mill Fr bewertet.

Die Cie. Générale d'Electricité besitzt in verschiedenen französischen Städten eine Reihe elektrotechnischer Fabriken, in denen Akkumulatoren, elektrische Maschinen und Apparate, Elektromotoren, Drähte und Kabel erzeugt werden. Sie ist jedoch gleich der Thomson-Houston in erster Linie eine Dachgesellschaft, die sowohl elektrotechnische Unternehmungen aller Art als auch einige bedeutende Elektrizitätslieferungsgesellschaften kontrolliert. Die wichtigsten Transaktionen des vergangenen Jahres waren die Abgabe der Beteiligungen an der Sté. des Téléphones Ericsson (18,0 Mill Fr Aktienkapital) an die Telefon A B. L. M. Ericsson in Stockholm, die Abstoßung der Interessen an der Sté. des Tubes de Vincey, die 20 prozentige Beteiligung an der mit 54 Mill Fr Aktienkapital arbeitenden Sté. Industrielle des Téléphones, die Übernahme eines bedeutenden Aktienpakets der Sté. d'Applications Industrielles (Verbindung zur Thomson-Houston) sowie die gemeinsam mit der Sté. d'Electro-Métallurgie erfolgte Gründung der Electro-Cuivre (100 Mill Fr Aktienkapital), an die die kupferverarbeitenden Betriebe der beiden Gründergesellschaften verpachtet worden sind. Wie aus der oben gegebenen Zahlentafel hervorgeht, konnte die Compagnie Générale d'Electricité im Jahr 1930 ihren Reingewinn erheblich steigern und den Satz der Dividendenausschüttung von 17 % auf 18 % erhöhen. Ausdrücklich wurde in der Generalversammlung betont, daß die Dividende nicht erhöht worden wäre, wenn die Verwaltung nicht davon überzeugt sei, daß ihr auch für das laufende Geschäftsjahr die Aufrechterhaltung der 18 % möglich sein werde. Außer den bereits erwähnten Fabrikationsgesellschaften und denjenigen, die sie mit der Thomson-Houston gemeinsam kontrolliert, ist sie noch, von kleineren Beteiligungen abgesehen, an folgenden Fabrikationsunternehmungen beteiligt: Ateliers et Constructions de Dalle, an der Sté. Savoisienne de Constructions Electriques, den Etablissements Métallurgiques de Rai Tillières, der Cie. de Charriots „Automatic", den Etablissements Métallurgiques de la Gironde sowie an den Lignes Téléphoniques et Télégraphiques. Die vom Konzern kontrollierten Elektrizitätslieferungsunternehmungen haben für 1930 einen Stromabsatz von 467 Mill kWh ausgewiesen.

Keinen Abschluß veröffentlicht die mit 100 Mill Fr ausgestattete, 1929 gegründete Gesellschaft Le Matériel Electrique S. W., in der die wichtigsten elektrotechnischen Abteilungen der Firma Schneider et Cie., Creusot, eingebracht wurden. Am Kapital dieser Gesellschaft ist auch die Westinghouse Electric and Manufacturing Co. beteiligt, mit der ein Patentaustauschvertrag besteht. Diese Gesellschaft ist ausschließlich auf starkstromtechnischem Gebiet tätig. Die übrigen elektrotechnischen Interessen des Schneider-Konzerns sind gering, abgesehen von der engen Verbindung zu den Forges et Ateliers de Constructions Electriques de Jeumont. A. Friedrich.

Vorgänge im Ausland. — Zum Zweck gemeinsamer Bearbeitung des Starkstromgeschäfts in Spanien hat die AEG zusammen mit der Sté. Générale de Constructions Electriques et Mécaniques (Alsthom), Paris, der Cie. Française pour l'Exploitation des Procédés Thomson-Houston, Paris, der International General Electric Co., New York, und einer spanischen Gruppe in Madrid unter dem Namen Geathom AEG — Als. Thom — I. G. E. Co. SA. eine Verkaufsgesellschaft mit einem Gesellschaftskapital von 20 Mill Pes gegründet. Außerdem hat sich die AEG an einer spanischen elektrotechnischen Fabrik, der General Electrica Española SA. in Bilbao (Kapital 10 Mill Pes), beteiligt. In dem Exekutiv-Komitee der Gesellschaften ist die AEG, Berlin, durch Geheimrat Dr. Bücher und Direktor Jonas, die Alsthom durch ihren Aufsichtsrats-Delegierten Detoeuf und die I. G. E. Co. durch ihren Vizepräsidenten Baldwin vertreten.

Berichtigung.

Im Aufsatz „Die Nutenharmonischen von Drehstromgeneratoren mit Bruchlochwicklung", H. 42, ist in der Formel auf S. 1301, rechte Spalte, Zeile 10, Φ_λ' in Φ_λ zu ändern.

Abschluß des Heftes: 17. Oktober 1931.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 16 250 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

ETZ

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

INHALT

44. HEFT • 52. JAHRGANG • IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

(1349—1372) 29. OKTOBER 1931

Elektrotechnische Zeitschrift
(Zentralblatt für Elektrotechnik)
Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894
Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9
52. Jahrgang | Berlin, 29. Oktober 1931 | Heft 44

Versuche über Maschinenregelung und Parallelbetrieb in den Großkraftwerken Hirschfelde und Böhlen*.

III. Ergebnis der Versuche beim Alleinlauf der Maschinen.

Von K. Kühn, Dresden, und Dr. techn. R. Mayer, Berlin.

Entlastungsversuch.
(Versuch Nr. 1.)

Aus den Entlastungsversuchen sind für die einzelnen Maschinen die folgenden Schaubilder gewonnen worden:

a) der Verlauf der Drehzahländerung bei Entlastung, ausgedrückt in Prozent der Anfangsdrehzahl (Nenndrehzahl) über der Zeit in Sekunden nach der Abschaltung für je 4 verschiedene Werte der abgeschalteten Leistung;

Abb. III 1. Oszillogramm der Drehzahlerhöhung und Bewegung des Regelventils und der Düsenventile bei Entlastung.

b) die höchste vorübergehende Drehzahlerhöhung und die bleibende Drehzahlerhöhung in Abhängigkeit von der Größe der abgeschalteten Leistung;

c) die Bewegung der Muffe und der Ventile über der Zeit in Sekunden nach der Abschaltung für 4 verschiedene Werte der abgeschalteten Leistung.

Abb. III 2. Oszillogramm der Drehzahlerhöhung und der Bewegung der Ventile bei Entlastung.

Aus der großen Zahl der zu a), b) und c) gewonnenen Kurvenscharen sind je 3 besonders kennzeichnende ausgewählt und im Anschluß an die Zusammenstellung der Versuche[1] dargestellt worden (Abb. II 23 ... 31 des vorhergehenden Aufsatzes[2]; vgl. a. Hinweis in der Zusammenstellung in Spalte F der Versuchsnummer 1). Es gehören, wie auch aus den Unterschriften ersichtlich ist, je die untereinanderstehenden Bilder der 3 Reihen zu einer Maschine. Zu den Abb. II 26, 27 u. 28 sei im voraus bemerkt, daß hier für die vorübergehende Drehzahlerhöhung eine Kurve als erwünscht angegeben worden ist, auf die jedoch näher erst weiter unten eingegangen werden soll. Die Schaubilder II 29, 30 u. 31, die hier nur die Muffen- und Ventilbewegungen bei Abschaltung einer Leistung, u. zw. in Höhe von rund der Nennleistung zeigen, enthalten für diese Abschaltung auch nochmals die Drehzahländerung mit, um besser die Abhängigkeit der Muffen- und Ventilbewegungen von der Drehzahländerung erkennen zu können.

Abb. III 1 und 2 zeigen zwei bei den Versuchen aufgenommene Oszillogramme.

Die Schaubilder II 23, 24 u. 25 zeigen, daß nach der Abschaltung der Leistung die Drehzahl unvermittelt ansteigt. Die Steilheit des Anstieges drückt die eintretende Beschleunigung aus, die sich aus der freiwerdenden Leistung und dem Schwungmoment der Maschine ergibt[3]. Je größer also die abgeschaltete Leistung ist, um so steiler erfolgt der Drehzahlanstieg. Da bald mit Erhöhung der Drehzahl, wie aus den Abb. II 29, 30 u. 31 vorweg entnommen werden soll, durch das Heben der Muffe die Ventile sich zu schließen beginnen, nimmt die Kraft und damit die Beschleunigung ab. Die Drehzahl steigt dadurch immer langsamer an und nimmt schließlich nach Erreichung eines Höchstwertes, 1,6 ... 2,2 s nach der Abschaltung, wieder ab. Sie erreicht jedoch den Ausgangswert nicht wieder, sondern behält einen darüber liegenden Wert bei, u. zw. ist in der Regel die Abweichung um so größer, je größer die abgeschaltete Leistung war. Erreicht ist der Endwert 10 ... 14 s nach der Abschaltung. Abb. II 24 läßt erkennen, daß diese

* Teil I „Überblick über Veranlassung, Zweck und Ergebnisse der Versuche" siehe ETZ 1931, S. 791; Teil II „Anordnung und Art der Durchführung der Versuche" siehe ETZ 1931, S. 1185, 1215 u. 1270.

[1] S. 1217 u. 1270 der ETZ 1931.

[2] Die Abbildungen des vorhergehenden Aufsatzes (II), die hier erläutert werden, erhalten den Zusatz „II", die Abbildungen in diesem Aufsatz den Zusatz „III".

[3] $$\frac{d\omega}{dt} = \frac{4\,g\,M_d}{GL^2} = \frac{120\,N}{\pi\,n\,GD^2} \cdot 10^6\ [1/s^2].$$

ω Kreisfrequenz der mechanischen Drehzahl ($2\pi n/60$) M_d Drehmoment in mkg N Leistung in MW n Nenndrehzahl (U/min) GD^2 Schwungmoment in m²kg g Erdbeschleunigung, $g \approx 10$ m/s².

Maschine nicht einen festen Endwert erreicht, sondern ziemlich ungedämpft zwischen zwei Grenzwerten hin und her schwingt. War der Drehzahlanstieg so hoch, daß das Schnellschlußventil zum Ansprechen kam, wie z. B. bei der Abschaltung der höchsten Leistung der Maschine, deren Schaubilder an erster Stelle stehen (Abb. II 29), so fällt die Drehzahl unter den Anfangswert herunter, da das Wiederöffnen des Schnellschlußventils durch Hand bei den jetzt gebräuchlichen Konstruktionen der zugehörigen Fliehkraftauslöser erst bei einer Drehzahl von unter 90 % der Nenndrehzahl möglich ist.

Abb. III 3. Weg-Zeit-Diagramm eines Schnellschlußventils und eines Dampfabsperrhahnes.

In den Abb. II 26, 27 u. 28, die die Höhe der höchsten vorübergehenden Drehzahlerhöhung und der bleibenden Drehzahlerhöhung in Abhängigkeit von der Größe der abgeschalteten Leistungen zeigen, ist, soweit es durch den Versuch selbst nicht möglich war, die höchste vorübergehende Drehzahlerhöhung durch Extrapolieren auch für die Abschaltung der maximalen Leistung ermittelt worden. Bei dem in Abb II 26 gezeigten Schaubild ergibt sich hierfür ein Wert von 11,4 %. Die Schaubilder lassen erkennen, daß die Abhängigkeit der vorübergehenden Drehzahlerhöhung von der Größe der abgeschalteten Leistung bei den einzelnen Maschinen sehr verschieden ist. So steigt z. B. bei dem ersten Schaubild (Abb. II 26) mit Erhöhung der abgeschalteten Leistung die vorübergehende Drehzahlerhöhung stärker an. In Abb. II 27 ist die Abhängigkeit geradlinig und in Abb. II 28 steigt die vorübergehende Drehzahlerhöhung schwächer an. Hierüber geben dann weiter die gemessenen Ventilbewegungen Aufschluß.

Die Abb. II 29, 30 u. 31 lassen erkennen, daß die Muffe nach 0,1 ... 0,2 s nach der Abschaltung sich hebt, was bei dem gemessenen Drehzahlanstieg einer Unempfindlichkeit von 0,8 ... 1,2 % der Nenndrehzahl entspricht. Es fällt bei der Bewegung der Muffe das große Nacheilen auf. So beträgt z. B., bezogen auf den Mittelwert bei gleicher Muffenstellung, die Drehzahl beim Aufstieg + 1,0 ... 1,5 % und beim Abfall — 1,0 ... 1,5 %. Die Ventile beginnen ihre Bewegung nach 0,2 ... 0,5 s. Die Schließung ist bei Abschaltung der Nennleistung 1,6 ... 2,0 ... 2,9 s nach der Abschaltung erfolgt. Im Mittel beginnen die Ventile ihre Bewegung nach 0,3 s und haben sich rd. 2 s nach der Abschaltung geschlossen. Bei einigen Maschinen, z. B. bei der, zu der die an erster Stelle stehenden Schaubilder gelten, wird die vollkommene Schließung aller Ventile erst nach 5,3 s erreicht, u. zw. sind es die Düsenventile, die diese große Schlußzeit haben (Abb. II 29). Da jedoch die Dampfzuführung für die Düsenventile über die Regelventile erfolgt, so ist deren Schlußzeit für die Drehzahlerhöhung maßgebend und die große Schlußzeit der Düsenventile ohne besonderen Einfluß. Abb. II 29 läßt aus dem angegebenen Schließungsweg der Schnellschlußventile erkennen, daß auch diese zum vollkommenen Schließen schon eine immerhin beachtliche Zeit brauchen.

Zur Ergänzung der Beobachtungen über das Schnellschlußventil seien Abb. III 3 u. 4 gebracht. Diese Abbildungen lassen erkennen, daß das Schnellschlußventil nach Auslösung sich in Schwingungen auf eine Stellung von 20 ... 30 % Öffnung einspielt, um sich dann langsam und gleichmäßig vollkommen zu schließen. Die Schwingungen dauern 0,4 ... 0,5 s, die vollkommene Schließung tritt nach rd. 2 s ein. Abb. III 1 enthält zum Vergleich noch den Weg eines besonderen Hahnes, der zur Unterstüzung des Schnellschlußventiles an der betreffenden Maschine angebracht war. Dieser Absperrhahn beginnt seine Schließung etwas später und braucht für die Schließung rd. 1 s.

Aus den Versuchen hat sich ergeben, daß die vorübergehende Drehzahlerhöhung bei Entlastung und die Einstellung des Schnellschlußventiles nicht im richtigen Verhältnis zueinander stehen. Die Einstellung des Schnellschlußventiles, die so sein soll, daß bei einwandfreiem Arbeiten auch bei Abschaltung der maximalen Belastung ein Ansprechen nicht eintritt, war bei den untersuchten Maschinen betriebsmäßig auf 10 % vorgenommen worden. Bei einigen Maschinen sprach das Schnellschlußventil jedoch schon bei geringeren Drehzahlerhöhungen an, ein Zeichen, daß entweder die betriebsmäßige Nachprüfung durch langsames Hochregeln der Drehzahl doch nicht einwandfreie Werte ergibt, oder daß der Ansprechwert, bedingt durch die Konstruktion der Schnellschlußeinrichtung, sehr großen Schwankungen unterworfen ist. Das letztere scheint meist das zutreffendere zu sein, so daß also eine entsprechende Verbesserung der Konstruktionen anzustreben ist. Bei der Mehrzahl der Maschinen kam das Schnellschlußventil aber dadurch zum Ansprechen, daß die Drehzahlerhöhung bei den vorgenommenen Abschaltungen über 10 % anstieg. Von 9 untersuchten Maschinen stieg bei 2 Maschinen die Drehzahl schon bei Entlastung um die Nennleistung über 10 %. Bei Entlastung um die maximale Leistung würde dieser Wert bei 6 Maschinen zum Teil sogar sehr weit (bis zu einem Wert von 15 %) überschritten werden. Unter 8 % blieb die vorübergehende größte Drehzahlerhöhung bei höchster Entlastung bei 1 Maschine, unter 10 % bei 2 Maschinen.

Der hohe Drehzahlanstieg ist darauf zurückzuführen, daß die Schlußzeiten bei den Maschinen zum Teil sehr groß sind. Es wurde weiter festgestellt, daß bei einigen Maschinen die Schlußzeit bei Abschaltung höherer Leistungen größer wird, u. zw. sind das die Maschinen, bei denen (Abb. II 26) die Drehzahlerhöhung bei Vergrößerung der abzuschaltenden Leistung stärker ansteigt. Es waren dies insbesondere die Maschinen, die besondere Regelventile und eine Reihe Düsenventile besitzen. Der gefundene Nachteil ist jedoch nicht auf diese Anordnung zurückzuführen, sondern wurde darin festgestellt, daß, bedingt durch die konstruktive Ausführung der Drucköl-Steuereinrichtung, der Druck des Steueröles bei der schnellen Änderung sehr stark abfiel. Dies äußert sich darin, daß die Schließgeschwindigkeit der Ventile bald ihre Grenze erreicht. Es zeigt sich schon bei Entlastungen in Höhe von 70 ... 80 % der Nennleistung keine Steigerung der Schließgeschwindigkeit mehr, so daß bei Leistungen darüber der dann größere Öffnungsweg der Ventile erst in längerer Zeit zurückgelegt wird und so die beobachtete größere Schlußzeit eintritt. Soll bei solchen Maschinen eine Änderung erreicht werden, so ist die Vergrößerung der Öldruckanlage erforderlich oder der Einbau eines starken Windkessels und gegebenenfalls stärkerer Öldruckleitungen. Bei den Maschinen, bei denen die Drehzahlerhöhung bei Erhöhung der Abschaltleistung schwächer ansteigt, steigt die Schließungsgeschwindigkeit der Ventile bei höherer abgeschalteter Leistung stark an, u. zw. so, daß die größere Öffnung in gleicher Zeit geschlossen wird.

Abb. III 4. Oszillogramm der Bewegung eines Schnellschlußventils und eines Dampfabsperrhahnes.

Bei Maschinen, bei denen die Schließungsgeschwindigkeit sich nicht ganz so erhöhte, ergab sich die geradlinige Abhängigkeit zwischen vorübergehender Drehzahlerhöhung und abgeschalteter Leistung.

Da die Schnellschlußventile für die Schließung schon eine beachtliche Zeit brauchen, steigt, wie die Messungen zeigen, nach Ansprechen des Schnellschlußventiles die Drehzahl noch weiter an, bis die vollkommene Absperrung des Dampfes erreicht ist. Hiernach wird man, wenn auch bei der Konstruktion der Maschinen mit einer 15prozentigen Drehzahlerhöhung gerechnet wird, zweckmäßigerweise die Einstellung des Schnellschlußventiles nicht höher als auf 10 % vornehmen. Bei Versagen der Regeleinrichtung steigt die Drehzahl in einer Zeit von 0,5 s, die das Schnellschlußventil braucht, um eine Absperrung des Dampfweges bis auf 20 ... 30 % vorzunehmen, noch um 5 ... 6 %. Bei Versagen der Regeleinrichtung würde dann durch das Schnellschlußventil die Drehzahl auf 15 % bzw. auf einen Wert, der nicht nennenswert darüber liegt, begrenzt werden.

Wenn der Ansprechwert des Schnellschlußventiles nicht höher als auf 10 % Drehzahlerhöhung eingestellt werden soll und betriebsmäßige Entlastungen kein Ansprechen des Schnellschlußventiles hervorrufen sollen, so darf die Drehzahlerhöhung der Maschine auch bei der maximalen betriebsmäßigen Entlastung unter Berücksichtigung des nicht ganz genauen Ansprechens des Schnellschlußventiles 8 % nicht überschreiten. Auf Grund dieser Forderung ist die in den Abb. II 26, 27 u. 28 eingetragene obere Grenze für die Drehzahlerhöhung in Abhängigkeit von der Größe der abgeschalteten Leistung festgelegt worden. Es soll zur Bedingung gemacht werden, daß der Wert von 8 % auch dann nicht überschritten wird, wenn die bleibende Drehzahländerung bei Abschaltung der maximalen Leistung auf 6,5 % eingestellt wird. Da, wo diese Werte noch nicht erreicht werden, werden sie sich durch eine Vergrößerung der Verstellkräfte erzielen lassen. Das an dritter Stelle angegebene Schaubild (Abb. II 28) läßt erkennen, daß die gewünschte Kurve auch tatsächlich erreicht werden kann.

Die Forderung, daß die Schnellschlußventile dann, wenn die Ventile sich einwandfrei schließen, auch bei maximaler Entlastung nicht ansprechen dürfen, ist sicher berechtigt. Die Auftrennung im Netz kann so sein, daß nach einer vorher infolge einer Störung eingetretenen maximalen Belastung eine Entlastung bis auf einen geringen Teil (z. B. 3 ... 5 %) eintritt. Die diese Belastung bringenden Abnehmer können immer so empfindliche Betriebe haben, daß eine nachträgliche Abschaltung, die bei Ansprechen der Schnellschlußventile wegen des großen Drehzahlabfalles zur Wiedereinrückung erforderlich ist, große Nachteile hat. Aber auch wenn die Maschinen vollkommen entlastet werden, ist das unberechtigte Ansprechen der Schnellschußventile nachteilig, weil die Maschinen dann erst wegen des längere Zeit in Anspruch nehmenden Einrückens der Schnellschlußventile später wieder aufs Netz geschaltet werden können.

Damit die Maschinen so schnell wie möglich wieder für den Netzbetrieb zur Verfügung stehen, ist es als erwünscht anzusehen, wenn die Auslösung für das Schnellschlußventil in der Weise abgeändert wird, daß auch schon bei Nenndrehzahl ein Wiedereinrücken der Ventile möglich ist.

Die beobachteten Pendelungen bei der einen Maschine, die bei Laständerungen sehr störend auf den Betrieb wirken würden, zwingen zu der Forderung, die Dämpfung der Regeleinrichtung so einzustellen, daß die Maschine aperiodisch auf einen konstanten Endwert übergeht.

Durch inzwischen ausgeführte Änderungen an der Regeleinrichtung sind die Pendelungen nach Entlastungen bei allen Maschinen, bei denen sie bei der Ausführung der Versuche festgestellt wurden, vollkommen beseitigt worden. Man sieht also, daß die Forderung eines aperiodischen Übergangs auf die bleibende Drehzahländerung bei Entlastung erreicht werden kann.

Aufnahme der Charakteristik eines Fliehkraftreglers.

(Versuch Nr. 2.)

Aus dem Versuch zur Aufnahme der Charakteristik eines Fliehkraftreglers ist das Schaubild „Stellung der Reglermuffe in Abhängigkeit von der Umdrehungszahl bei Aufwärtsregelung und bei Abwärtsregelung“ gewonnen worden (Vers.-Nr. 2, Abb. II 32). Das Schaubild läßt erkennen, daß beim Hochfahren der Maschine die Muffe bei rd. 93 % der Nenndrehzahl ihre Bewegung beginnt und sich dann ziemlich gleichmäßig mit der Drehzahlerhöhung hebt. Nach Wiederabsenken der Drehzahl, die nach Erreichung eines Wertes von 101 % vorgenommen wurde, folgt die Muffe erst später und nimmt dann für gleiche Werte der Drehzahl jeweils eine höhere Stellung ein. Für eine gleiche Muffenstellung beträgt der Unterschied in der Drehzahl bezogen auf den Mittelwert ± 1,6 %. Dieser Wert ist auch aus der Bewegung der Muffe bei den Entlastungsversuchen ermittelt worden. Die Richtigkeit der dort ermittelten Werte ist also durch diesen Versuch bestätigt worden. Eine Durchführung dieses Versuches, der nur zur Nachprüfung vorgenommen wurde, auch bei anderen Maschinen erübrigte sich daher. Bei dieser großen Unempfindlichkeit der Muffe ist mit einem Arbeiten der Regelung bei den normal vorkommenden Pendelungen nicht zu rechnen.

Aufnahme der statischen Drehzahlkennlinien.

(Versuch Nr. 3.)

Die Versuche zur Aufnahme der statischen Drehzahlkennlinien haben das Schaubild „Drehzahlabfall in Abhängigkeit von der Belastung“ ergeben. Aus der großen Zahl der aufgenommenen Kennlinien sind wieder 3 besonders kennzeichnende Beispiele herausgegriffen und im Anschluß an die Zusammenstellung [Hinweis in Spalte F der Versuchsnummer 3 (Abb. II 33, 34 u. 35)] dargestellt worden. Die Schaubilder enthalten weiter noch eine als erwünscht angegebene Kurve, auf die erst weiter unten näher eingegangen werden soll. Die Schaubilder lassen erkennen, daß der Verlauf des Drehzahlabfalles bei Belastung recht unterschiedlich ist. Weiter ist auch zu ersehen, daß die absolute Höhe des Drehzahlabfalles bei Steigerung der Belastung von Null auf Nennleistung zum Teil sehr groß ist. Die Unterschiede an den untersuchten Maschinen sind so, daß zur Verbesserung der Betriebsverhältnisse eine Änderung für erforderlich gehalten wird.

Aus dem Ergebnis der Versuche ist der Schluß zu ziehen, daß Elektrizitätswerke bei Maschinen des gleichen Kraftwerkes und auch denen mitarbeitender Kraftwerke die statische Drehzahlkennlinie aufnehmen und ungewollte Abweichungen zwischen den Kennlinien der einzelnen Maschinen und zu große absolute Änderungen der Drehzahl bei Laständerungen durch entsprechende Maßnahmen abstellen müssen. Bei neuen Maschinen empfiehlt es sich, von vornherein bestimmte Garantien festzulegen und die Nachprüfung gleich im Rahmen der Abnahmeversuche vorzunehmen.

Nach den gewonnenen Kennlinien ist die als erwünscht angegebene Kurve entwickelt worden. Sie zeigt bei Änderung der Belastung um Null herum einen stärkeren Abfall der Drehzahl, um das Parallelschalten durch Vermeidung stärkerer Pendelungen zu erleichtern. Von 5 % der Belastung fällt die Drehzahl dann ziemlich gleichmäßig bis zu 80 % der Belastung. Hiernach setzt ein immer stärker werdender Abfall ein, um bei Laststößen jeweils auf die schwächer belasteten Maschinen einen prozentual größeren Anteil zu übernehmen. Um sich veränderten Betriebsverhältnissen anpassen zu können, soll die Drehzahlkennlinie innerhalb der in dem an dritter Stelle dargestellten Schaubild angegebenen Grenzen *o* und *u* veränderlich sein, und zwar möglichst stufenlos, wenn dies jedoch nicht erreichbar ist, dann in Stufen von rd. 0,5 ... 0,8 %. Die Abweichung von der jeweils eingestellten Normalkurve soll nicht mehr als ± 0,2 % der Nenndrehzahl betragen. Um sich veränderten Betriebsverhältnissen schnell und leicht anpassen zu können, wäre es sehr zweckmäßig, wenn die Veränderung der Drehzahlkennlinie während des Betriebes gegebenenfalls auch von der Warte aus vorgenommen werden kann.

Das an dritter Stelle angegebene Schaubild der Versuchsnummer 3 (Abb. II 35) läßt erkennen, daß der Charakter der als gewünscht angegebenen Kennlinie praktisch erreicht werden kann. Bei der Maschine, die diese Kennlinie hat, ist lediglich noch eine Verminderung der absoluten Größe des Drehzahlabfalles bei Übergang von Null auf Nennlast erforderlich. Diese Drehzahlkennlinie zeigte die Maschine, bei der auch die Abhängigkeit der vorübergehenden Drehzahlerhöhung der als gewünscht angegebenen Kurve gleicht. Man sieht also, daß die beiden gewünschten Kurven praktisch gleichzeitig bei einer Maschine erreicht werden können.

Durch die inzwischen bei dem größten Teil der Maschinen durchgeführten Änderungen an den Regeleinrichtungen ist erreicht worden, daß die vorübergehende höchste Drehzahländerung bei Entlastung die vorgeschriebene Grenze nicht überschreitet und daß weiter die Drehzahlkennlinie den gewünschten Verlauf hat und in den angegebenen Grenzen verstellt werden kann. Die Verstel-

lung ist sogar während des Betriebes möglich, also selbst wenn die Maschinen unter Last auf das Netz arbeiten. Durch Einbau eines kleinen Hilfsmotors an der Verstellvorrichtung, was technisch keine Schwierigkeiten bietet, könnte die Verstellung auch von der Warte her vorgenommen werden. Die grundsätzliche Anordnung der Verstelleinrichtung zeigt Abb. III 5. Durch die Kurbel K kann der

Abb. III 5. Grundsätzliche Anordnung einer Verstelleinrichtung der Drehzahlkennlinien.

Angriffspunkt P des Gestänges zur Muffe aus der rechten Stellung, die einem Drehzahlabfall von 8,5 % bei Steigerung der Belastung von 0 auf 125 % der Nennleistung entspricht, stufenlos in die linke Grenzstellung gebracht werden, die einem Drehzahlabfall von 3,5 % bei Steigerung der Belastung von 0 auf 125 % entspricht. Die Drehzahlkennlinie kann also auf jeden beliebigen Wert innerhalb der Grenzen von 3,5 ... 8,5 %, wie sie als erwünscht angegeben sind, verstellt werden.

Abb. III 6. Gesonderte Drehzahlkennlinien.

Die gewünschten Kurven für die Drehzahlkennlinie zeigt nochmals die Abb. III 6. Die normale Drehzahlkennlinie n soll für den Normalbetrieb eingestellt werden, wobei je nach der gewünschten Verteilung anfallender Leistung auf die einzelnen Maschinen oder Kraftwerke entsprechende kleine Abweichungen zulässig sind. Die obere Grenzlinie o ist für das Werk vorgesehen, das Frequenz fahren soll. Diese Grenzlinie kann auch eingestellt werden, wenn starke Leistungsschwankungen zu erwarten sind, wie z. B. das Einschalten von größeren Pumpen eines Pumpspeicherwerkes, die, wenn die Pumpen nicht für die Einregelung von Teillasten gebaut sind, eine sehr schnelle Leistungssteigerung bringen. Bei den bisherigen Drehzahlkennlinien mit großer Änderung der Drehzahl ergab die Einschaltung der Pumpen durch den dann plötzlich einsetzenden starken Drehzahlabfall betrieblich gewisse Schwierigkeiten. Die Linie o kann weiter auch bei Reservemaschinen eingestellt werden, die normal wegen ungünstigeren Dampfverbrauches bei höherer Belastung schwach belastet laufen und nur bei Ausfall anderer Maschinen Leistung, und zwar möglichst den größten Teil der anfallenden Leistung, übernehmen sollen. Die Drehzahlkennlinie m ist für die Werke bzw. die Maschinen vorgesehen, die Grundlast fahren sollen. Gegebenenfalls kann man die Drehzahlkennlinie für solche Werke oder Maschinen auch noch mit größerem Abfall bis zu der unteren Grenzlinie u einstellen. Die untere Grenzlinie u ist jedoch in der Hauptsache für solche Maschinen gedacht, die zur Spannungshaltung bei geringster Wirkbelastung stark untererregt mitlaufen. Diese Maschinen dürfen auch bei Störungen, damit sie nicht außer Tritt fallen und dadurch eine Erweiterung der Störung bringen, keine Wirkleistung aufnehmen, da die mit Rücksicht auf die Begrenzung der Erwärmung eingestellte Wirkleistung in Höhe von rd. 10 % der Nennleistung bei der eingestellten geringsten Erregung schon die Grenze hinsichtlich der Stabilität darstellt. Die Verstellmöglichkeit der Drehzahlkennlinie während des Betriebes gibt der Betriebsleitung die Möglichkeit, die Kennlinie der einzelnen Maschinen sich schnell ändernden Verhältnissen ohne weiteres anzupassen, was für die einwandfreie Betriebsführung ausgedehnter vermaschter Netze sicher von sehr großem Vorteil ist.

Abb. III 7. Grenze für die vorübergehende Drehzahländerung.

Die Grenze für die vorübergehende Drehzahlerhöhung zeigt für die Drehzahlkennlinien m und u die Abb. III 7. Die Drehzahlkennlinien sind in dieser Abbildung zum besseren Vergleich mit der Grenzlinie für die vorübergehende Drehzahländerung für Entlastung gezeichnet.

Mit der Einstellung der Drehzahlkennlinie für den Normalfall nach n ergeben sich wesentlich geringere Drehzahländerungen bei Be- oder Entlastungen, als es bisher der Fall war. Wenn auch hierdurch die durch die Unempfindlichkeitsgrenze der Regler bedingten Leistungschwankungen an den Maschinen etwas größer werden, so werden sie jedoch noch nicht so, daß der Betrieb irgendwie ungünstig beeinflußt wird. Die Einstellung der empfindlicheren Drehzahlkennlinie hat jedoch den Vorteil, daß normal auch die bei stärksten Belastungsänderungen infolge von Kurzschlüssen auftretenden Drehzahländerungen unter 4 % liegen. Sind die Maschinen bei Kurzschluß auseinandergelaufen, so ist bei dieser geringen Abweichung in der Drehzahl, wie durch die vorgenommenen Kurzschlußversuche auch bestätigt wurde, ein schnelles Fangen der Maschinen in allen Fällen zu erwarten. Dies ist von großer Bedeutung, da das Auseinanderlaufen durch irgendwelche anderen Maßnahmen nicht in allen Fällen vermieden werden kann.

Da bei den heutigen Kurzschluß-Schutzeinrichtungen die Abschaltung in den kurzen Zeiten von 0,8 ... 1,5 s geschieht, erfolgt gegebenenfalls die Wiederverkopplung auseinandergelaufener Werke durch die Abschaltung des Kurzschlusses und Beseitigung der Spannungsabsenkung vor Übergang in den stationären Zustand der Drehzahländerungen. Der Unterschied der Drehzahl kann hierbei, wie aus den Kurven der Drehzahländerung bei Entlastung zu ersehen ist, größer sein als im Endzustand. Durch die Bedingung, daß die vorübergehende Drehzahländerung mit Rücksicht auf die Einstellung des Schnellschlußventils 8 % nicht überschreiten darf, ist jedoch auch für solche Fälle eine Herabsetzung des Drehzahlunterschiedes erreicht worden, so daß also die Forderung nach geringerer vorübergehender Drehzahländerung auch das Sichwiederfangen auseinandergelaufener Maschinen nach Kurzschlüssen begünstigt. *(Schluß folgt.)*

Über das Verhalten gummifreier Isolierpreßstoffe bei Dauerbeanspruchung durch Feuchtigkeit.

(Mitteilung aus dem Gummiwerk der Siemens-Schuckertwerke AG.)

Von **W. Zebrowski**, Berlin.

Übersicht. Es werden die Wasseraufnahme und die dabei auftretenden Änderungen in der elektrischen Isolation und in der mechanischen Festigkeit an den wichtigsten gummifreien Isolierpreßstoffen beim Liegen in Leitungswasser von Zimmertemperatur über Zeiträume bis zu einem Jahr untersucht. Warmpreßstoffe verhalten sich wegen ihres dichten Gefüges besser als Kaltpreßstoffe, Preßstoffe mit anorganischer Faser bei weitem besser als solche mit organischer Faser. Die mechanische Festigkeit fällt bei den Stoffen mit organischer Faser stark ab. Zusätze von organischen Farbstoffen und Herabsetzung des Harzgehaltes wirken ungünstig. Auf den Mechanismus der Feuchtigkeitsaufnahme wird näher eingegangen.

Bekanntlich bestehen die z. Z. im Handel befindlichen Isolierpreßstoffe aus einem Harz als Bindemittel und organischen oder anorganischen Faserstoffen zur Erhöhung der mechanischen Festigkeit; dazu kommen vielfach Füllstoffe wie Kaolin und Schwerspat, die in der Hauptsache nur zur Verbilligung des Materials dienen. Ein Bild über die wesentlichsten Eigenschaften dieser Preßstoffe gibt die von den im Zentralverband der deutschen elektrotechnischen Industrie zusammengeschlossenen Fabrikanten gummifreier Isolierpreßstoffe aufgestellte Typisierung (Zahlentafel 1). Sie enthält die Mindestzahlen der wichtigsten physikalischen Eigenschaften, deren Feststellung nach den VDE-Vorschriften für elektrische Isolierstoffe an Normalstäben mit den Abmessungen 120 × 15 × 10 mm vorgenommen wird; nur für die Bestimmung der Glutsicherheit sind Stäbe von 120 × 15 × 3 mm vorgeschrieben.

Zahlentafel 1.

Normaltype	Biegefestigkeit mind. kg/cm²	Wärmebeständigkeit mind. Martensgrade	Schlagbiegefestigkeit mind. cmkg/cm²	Oberflächenwiderstand nach 24stündigem Liegen in Wasser Mindest-Vergleichszahl	Glutsicherheit Mindest-Gütegrad
S	600	150	5,0	3	3
0	500	125	4,0	3	2
1	500	150	3,5	3	4
2	350	150	2	3	4
3	200	150	1,7	3	4
4	150	150	1,2	3	4
7	250	65	1,5	3	1
8	150	45	1	3	3
X	150	150	1,5	—	5

In der Praxis wird es vielfach notwendig sein, außer den in der Typisierungstafel angeführten Eigenschaften noch das Verhalten eines Preßmaterials bei Dauerbeanspruchung zu kennen. Es ist z. B. wichtig zu wissen, wie Preßteile altern, wenn sie unter Erde verlegt oder in den Tropen verwendet werden sollen, also einer starken Feuchtigkeit ausgesetzt sind.

In der Elektrotechnik, insbesondere in der Kabeltechnik, ist es seit langem bekannt, daß man organische Faserstoffe durch die üblichen Tränkungsverfahren nicht unhygroskopisch machen kann. In neuerer Zeit hat Michailov[1] diese Verhältnisse näher untersucht und gefunden, daß durch Tränkung die Feuchtigkeitsaufnahme der organischen faserigen Isolierstoffe nicht verhindert, sondern lediglich die Geschwindigkeit der Aufnahme verringert wird. Interessant wird nun das Verhalten der mit organischer Faser gefüllten Isolierpreßstoffe gegen Feuchtigkeit sein. Sie besitzen gegenüber den von Michailov untersuchten Stoffen wie Papier und Preßspan in ihrem Gefüge keine zusammenhängenden Fasern, sondern nur kurze, von einander durch Harz getrennte Einzelfasern (s. Abb. 3), die bei der Eigenart des Herstellungsverfahrens nicht nur getränkt, sondern auch äußerlich durch das Harz eingehüllt sind. Dem Eindringen von Wasser sind hier weit größere Widerstände entgegengesetzt als bei den Stoffen mit zusammenhängenden Fasern, welche die Weiterleitung des Wassers in das Innere übernehmen, wenn erst einmal an einer Stelle die Harzschicht durchdrungen ist.

Günstiger liegen die Tränkungsverhältnisse bei den bekannten anorganischen faserigen oder porösen Isolierstoffen wie Asbest und Schiefer, die an sich keine Feuchtigkeit aufnehmen, wenn die Kapillaren und Poren durch das Tränkungsmittel gut verschlossen sind und dieses selbst vollkommen unhygroskopisch ist. Nach diesen Gesichtspunkten werden auch die Ergebnisse der Untersuchungen an den mit anorganischer Faser gefüllten Isolierpreßstoffen zu bewerten sein.

a E 76 (Holzmehlpreßstoff) *d* E 87 (Asbest-Warmpreßstoff)
b E 74 (Holzmehlpreßstoff) *e* E 59 (Asbest-Kaltpreßstoff)
c E 100/11 (Zellulosepreßstoff) *f* E 61 (Asbest-Kaltpreßstoff)
g reines Preßharz

Abb. 1. Wasseraufnahme von Isolierpreßstoffen beim Liegen in Leitungswasser, gemessen an Stäben 120 × 15 × 10 mm.

Außer der Klärung der vorher aufgeworfenen Fragen sollten die nun folgenden Untersuchungen vor allem ein Bild über das Gesamtverhalten der Preßstoffe bei Dauerbeanspruchung durch Feuchtigkeit geben. Sie wurden deshalb in der Weise ausgeführt, daß neben der Wasseraufnahme die dabei auftretenden Änderungen in der elektrischen Isolation, der mechanischen Festigkeit und der Form an den wichtigsten gummifreien Preßstoffen beim Liegen in Leitungswasser von Zimmertemperatur über Zeiträume bis zu einem Jahr festgestellt wurden. Die Einwirkung von Wasser wurde vorerst gewählt, weil sie, wie schon vorher erwähnt, bei der Verlegung von Isolierstoffen unter Erde eine Rolle spielt und weil sie als stärkste Feuchtigkeitsbeanspruchung schnell eintretende und gute Unterschiede zwischen den einzelnen Isolierstofftypen ergibt. Über entsprechende Untersuchungen in feuchter Luft, die noch nicht abgeschlossen sind, soll später berichtet werden.

a E 76 (Holzmehlpreßstoff) *d* E 87 (Asbest-Warmpreßstoff)
b E 74 (Holzmehlpreßstoff) *e* E 59 (Asbest-Kaltpreßstoff)
c E 100/11 (Zellulosepreßstoff); *f* E 61 (Asbest-Kaltpreßstoff)
g reines Preßharz.

Abb. 2. Änderung des Innenwiderstandes von Isolierpreßstoffen beim Liegen in Leitungswasser, gemessen nach den VDE-Vorschriften an Stäben 120 × 15 × 10 mm.

Die Bindemittel und Faserstoffe der untersuchten Typen waren folgende:

Type S (E. 76) Phenol-Formaldehyd-Harz mit Hexamethylentetramin als Beschleuniger und Holzmehl.

Type 0 (E. 74) Kresol-Formaldehyd-Harz und Holzmehl.

[1] Michailov, ETZ 1930, S. 1158.

Type 0 (E. 100/11) Harnstoff-Formaldehyd-Harz und Zellulose.
Type 1 (E. 87) Kresol-Formaldehyd-Harz und Asbest (Warmpreßstoff).
Type 2 (E. 59) Kresol-Formaldehyd-Harz und Asbest (Kaltpreßstoff).
Type 4 (E. 61) Teerpech-Asphalt und Asbest (Kaltpreßstoff).

Um den Anteil des Bindemittels an der Wasseraufnahme festzustellen, wurde ferner reines gepreßtes Kresol-Formaldehyd-Harz untersucht, doch ist hier die vorliegende Versuchszeit kürzer. Bemerkt sei noch, daß die gefundenen Werte nicht allgemein für alle Preßstoffe der gleichen Type gelten können, sondern nur für die hier untersuchten Eshalite. Unterschiede im Harzgehalt und auch in der Verarbeitung der Preßmasse sowie Zusätze von organischen Farbstoffen — worauf später noch eingegangen wird — können einen merklichen Einfluß auf die Wasseraufnahme haben.

Die Wasseraufnahme wurde an Normalstäben in Gramm nach Herausnahme aus dem Wasser, Abwischen der Feuchtigkeit und 1 h Trocknen bei Zimmertemperatur und 65prozentiger Luftfeuchtigkeit bestimmt und anschließend der Oberflächen- und Innenwiderstand nach den VDE-Vorschriften bei 1000 V gemessen. Sämtliche Messungen wurden an je drei Stäben ausgeführt und in Kurven der Abb. 1 und 2 als Durchschnittswerte bis zu dem augenblicklichen Versuchszustand nach 360 Tagen aufgetragen. Zur Bestimmung des Innenwiderstandes waren zwei Metallstifte von 5 mm Dmr. in einem Abstand von 10 mm rd. 6 mm tief in den Stab eingepreßt. Da bei fast allen Preßstoffen der Oberflächenwiderstand der Größenordnung nach mit dem Innenwiderstand zusammenfiel, ist in der Abb. 1 der Übersichtlichkeit halber nur der Innenwiderstand aufgenommen. Vergleichsversuche zwischen Stäben mit Preßhaut und solchen, bei denen die oberste Schicht nachträglich abgeschliffen worden war, ergaben die gleichen Ergebnisse. Die Ausgangswerte für die einzelnen Meßreihen wurden festgestellt, nachdem die Stäbe acht Tage lang bei 20 ° C in 65prozentiger Luftfeuchtigkeit gelagert hatten. Am Schlusse der Untersuchung wurde durch Trocknung der Stäbe bis zur Gewichtskonstanz und nachfolgender Lagerung bei 65prozentiger Luftfeuchtigkeit und 20 ° C Raumtemperatur das Ausgangsgewicht mit ganz geringen Abweichungen wieder erreicht, ein Zeichen, daß keine nennenswerten Stoffmengen in Lösung gegangen waren.

In der Zahlentafel 2 sind die Wasseraufnahmewerte der verschiedenen Typen nach 300 Tagen in Volumenprozenten angeführt; daneben stehen die mechanischen Werte vor und nach der Wasseraufnahme und dgl. die elektrischen Werte für den Innenwiderstand.

Zahlentafel 2.

Preßstoff	Wasseraufnahme nach 300 Tagen in Vol.-%	Biegefestigkeit kg/cm² vor	nach Wasseraufnahme	Schlagbiegefestigkeit cmkg/cm² vor	nach Wasseraufnahme	Innenwiderstand in Megohm vor	nach Wasseraufnahme
Type 1 (E. 87)	1,2	520	520	3,7	3,6	$1,3 \cdot 10^5$	$6,8 \cdot 10^2$
Type 4 (E. 61)	3,6	150	150	1,3	1,2	$1,6 \cdot 10^6$	$1,4 \cdot 10^2$
Type 2 (E. 59)	4,7	360	360	2,3	2,3	$1,6 \cdot 10^6$	$1,1 \cdot 10^0$
Type 0 (E. 100/11)	8,0	800	600	8,0	4,9	$4 \cdot 10^5$	$9 \cdot 10^2$
Type S (E. 76)	8,2	800	370	8,0	5,5	$6 \cdot 10^4$	$1,4 \cdot 10^1$
Type 0 (E. 74)	10,5	300	600	4,5	3,0	$2 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^1$

Wie man aus dieser Zahlentafel und den Kurven der Abb. 1 und 2 ersieht, ist E. 87 (Kresol-Formaldehyd-Harz und Asbest als Faserstoff) bei weitem das gegen Wasser unempfindlichste Material. Es erreicht mit einer Wasseraufnahme von 1,2 Vol.-% seine Sättigung, bleibt unverändert in seiner mechanischen Festigkeit und weist immer noch einen Innenwiderstand von 10^3 MΩ auf.

Der kaltgepreßte Isolierstoff E. 59 nimmt trotz gleicher Zusammensetzung bedeutend mehr Wasser auf als der heiß verpreßte E. 87. Dieser Umstand ist durch eine geringe Porosität bedingt, die im Material durch Abgabe von Gasen bzw. Dämpfen entsteht, wenn das im feuchten Zustande kaltgepreßte Material vorgetrocknet und bei rd. 180 ° C im Ofen fertiggebrannt wird. Der Grad der Porosität ist abhängig von der Art der Vortrocknung und der Temperatursteigerung, die ganz allmählich vorgenommen werden muß. Der Unterschied der beiden Materialien in dieser Hinsicht kommt besonders deutlich bei der Durchschlagfestigkeit zum Ausdruck; sie beträgt für Type 1 8 kV/mm und bei Type 2 nur 4 kV/mm (gemessen an 4 mm starken Platten). Aus dem gleichen Grunde ist auch die Wasseraufnahme bei der Type 4, die ebenfalls im feuchten Zustande kaltgepreßt und dann im Ofen bei rd. 300 ° C fertiggebrannt wird, trotz der gleichen anorganischen Faser höher als bei Type 1; die Durchschlagfestigkeit im trocknen Zustande beträgt in diesem Falle ebenfalls nur 4 kV/mm.

Die Wasseraufnahme bei den Preßstoffen mit organischer Faser Type 0 und S ist um ein Vielfaches höher als bei den vorhergenannten Typen. Auffällig ist jedoch, daß sie im Verhältnis zur Wasseraufnahme immer noch gute Isolationswerte aufweisen. Die Feuchtigkeitsaufnahme ist hier anderer Art: sie wird nicht durch Porosität — die Durchschlagfestigkeit von E. 76 beträgt 10 kV/mm, von E. 74 12 kV/mm und die von E. 100/11 13 kV/mm —, sondern durch Quellung der organischen Faser hervorgerufen. Rein äußerlich macht sich dieser Vorgang durch Runzligwerden der Oberfläche bemerkbar. Die Abb. 3 zeigt die Oberflächen zweier Preßstoffe vor und nach achttägigem Liegen im Tropenraum bei 100prozentiger Luftfeuchtigkeit und 40 ° C Raumtemperatur. Der Asbest-Kunstharz-Preßstoff ist unverändert geblieben, während die Holzmehlteilchen in dem anderen Preßstoff stark gequollen sind und als schwarze Stellen in der Aufnahme sichtbar werden.

E. 76 vor der Behandlung im Tropenraum. E. 76 nach (Holzmehl-Kunstharz-Preßstoff.)

E. 87 vor der Behandlung im Tropenraum. E. 87 nach 8 Tage bei 100prozentiger Feuchtigkeit und 40 ° C (30fache Vergrößerung). (Asbest-Kunstharzpreßstoff.)

Abb. 3.

Neben den oben angegebenen verschiedenen Werten für die Durchschlagfestigkeit gestattet das verschiedene Verhalten gegen Öl eine weitere Unterscheidung der quellbaren und porösen Isolierstoffe. Phenol-Formaldehyd-Harz ist vollkommen beständig gegen Transformatorenöl. Untersucht man die aus ihm hergestellten Preßstoffe auf Ölaufnahme, dann findet man, daß nur der Kaltpreßstoff E. 59 Öl aufnimmt (s. Zahlentafel 3), während die Holzmehl-Warmpreßstoffe E. 76 und E. 74 in gleicher Weise unverändert bleiben wie der Asbest-Warmpreßstoff E. 87.

Zahlentafel 3.

Preßstoff	Aufnahme von Transformatorenöl ($s = 0{,}88$) bei 20 ° C nach 80 Tagen Gramm
E. 76 (Type S)	0
E. 74 („ 0)	0
E. 87 („ 1)	0
E. 59 („ 2)	1

Bei Kaltpreßmassen läßt sich demnach die Feuchtigkeitsaufnahme ohne weiteres durch Porosität erklären. Wenn bei den mit organischer Faser gefüllten Warmpreßstoffen trotz der Harzumhüllung der einzelnen Faserteilchen (s. Abb. 3) eine zwar langsame aber starke Wasseraufnahme — leider gestatten die rein qualitativen Angaben von Michailov keinen Vergleich mit den von mir gefundenen Zahlen — unter Quellung der Zellulose stattfindet, dann ist die Ursache darin zu suchen, daß auch das reine Kunstharz selbst (s. Kurve *g* der Abb. 2), wenn auch im geringen Maße, Feuchtigkeit aufnimmt und sich an der Weiterleitung des Wassers nach dem Innern beteiligt. Aus dem gleichen Grunde nimmt auch E. 87, der Asbest-Kunstharz-Preßstoff, geringe Mengen von Wasser auf. Bei dem

Kaltpreßstoff E. 59 wird das Kunstharz sich ebenfalls an der Wasseraufnahme beteiligen, doch erkennt man aus dem Verlauf der Kurven *e* gegen *d* (Abb. 1), daß bei ihm die Aufnahme durch Porosität vorherrschend ist.

Nach dem Verhalten des reinen Kunstharzes zu urteilen, erscheint es völlig aussichtslos, mit Harzen eine absolut wasserfeste Umhüllung der Zellulose zu erreichen, wenn man nicht der Ansicht ist, daß die geringe Wasserdurchlässigkeit des Harzes eine durch Verunreinigung oder durch die technische Verarbeitung bewirkte, keineswegs aber eine durch die chemische Konstitution bedingte Eigenschaft zu sein braucht. Bei Verbesserungsversuchen an den hier untersuchten Isolierstoffen wird man besonders auch den Einfluß der großen Mengen von miteingepreßten Gasen[2] und Dämpfen in Betracht ziehen müssen.

a reines Harz
b Holzmehl + Harz 1 : 1
c Holzmehl + Harz 2 : 1
d reines Holz (Weißbuche) — Oberflächenwiderstand nach Wasseraufnahme nicht mehr meßbar
——— Wasseraufnahme
– – – – Oberflächenwiderstand

Abb. 4. Einfluß des Harzgehaltes auf Wasseraufnahme und Oberflächenwiderstand.

Die ungünstigen Folgen einer hohen Wasseraufnahme beschränken sich nicht allein auf die Verschlechterung der elektrischen Werte. Die nach einem Jahr bei den zellulosehaltigen Preßstoffen rd. 10 Vol.-% betragende Wasseraufnahme bewirkt eine wesentliche Verringerung der mechanischen Festigkeit. Außerdem tritt eine wenn auch verhältnismäßig geringe Maßänderung der Stäbe ein; die lineare Ausdehnung beträgt rd. 1 %. Bei der niedrigeren Wasseraufnahme der anderen Preßstoffe bleibt die mechanische Festigkeit unverändert. Jedoch sind auch hier schon geringe Maßänderungen festzustellen; E. 87 mit der kleinsten Wasseraufnahme von 1,2 Vol.-% dehnt sich linear um rd. 0,1 % aus.

Wie schon anfangs erwähnt, können die hier gefundenen Zahlen für die Wasseraufnahme nur in großen Zügen und nicht allgemein für alle im Handel befindlichen Preßstoffe der gleichen Typen gelten. Änderungen in der prozentualen Zusammensetzung des Preßstoffes und geringe Zusätze, wie z. B. organische Farbstoffe, können einen wesentlichen Einfluß auf die Wasseraufnahme haben. So ist die Höhe der Wasseraufnahme bei den zellulosehaltigen Typen abhängig von dem Harzgehalt, d. h. je weniger Harz der Isolierstoff enthält, desto schneller geht die Wasseraufnahme vor sich (s. Abb. 4). Auch geringe Zusätze von organischen Farbstoffen können die Wasseraufnahme — wie aus der Abb. 5 ersichtlich ist — beträchtlich erhöhen und dadurch schlechtere elektrische Werte hervorrufen.

Bei der allgemeineren Bewertung der vorliegenden Ergebnisse darf man sich nicht allzu pessimistisch dazu verleiten lassen, von vornherein die durch ihre mechanische Festigkeit hochwertigen zellulosehaltigen Kunstharz-Preßstoffe als nicht feuchtigkeitsicher abzulehnen, weil sie bei Dauerbeanspruchung viel Wasser aufnehmen. In der Praxis wird es wohl selten vorkommen, daß ein Isolierstoff einer dauernden Einwirkung von starker Feuchtigkeit ausgesetzt ist. Er wird vielmehr bei vorübergehendem Eintreten eines niedrigeren Feuchtigkeitsgehalts der Umgebung Gelegenheit haben, einen Teil der Feuchtigkeit wieder abzugeben, und wird deshalb niemals die hier angegebenen hohen Wasseraufnahmewerte erreichen.

a E. 87 hell (Type 1) *b* E. 87 schwarz (1% sog. Farbstoff)
——— Wasseraufnahme – – – – Innenwiderstand

Abb. 5. Einfluß des Farbstoffes auf die Wasseraufnahme und den Innenwiderstand von Isolierpreßstoffen beim Liegen in Leitungswasser.

Aus den Kurven der Abb. 6 ersieht man, daß — gegenüber der langsamen Wasseraufnahme — die Geschwindigkeit der Wasserabgabe der ein Jahr lang im Wasser gewesenen Stäbe bei einer Raumtemperatur von 20 °C und 60prozentiger Luftfeuchtigkeit sehr groß ist und dementsprechend die elektrischen Werte sich sehr rasch verbessern. Man wird deshalb in allen Fällen, bei denen es sich nicht um dauernde Einwirkung von Feuchtigkeit handelt, die Zellulose-Kunstharz-Preßstoffe als genügend feuchtigkeitsicher ansprechen können, zumal ihre elektrischen Werte und ihre Maßhaltigkeit selbst bei großer Wasseraufnahme verhältnismäßig gut bleiben und eine Gefährdung des Betriebes ausschließen.

a E. 74 (Holzmehlpreßstoff)
b E. 100/11 (Zellulosepreßstoff)
c E. 59 (Asbest-Kaltpreßstoff)
d E. 87 (Asbest-Warmpreßstoff)
——— Wasserabgabe
– – – – Oberflächenwiderstand

Abb. 6. Wasserabgabe und Änderung des Oberflächenwiderstandes von 1 Jahr im Wasser gelegenen Isolierpreßstoffen in 65prozentiger Luftfeuchtigkeit und 20 °C Raumperatur.

Nur in Spezialfällen, bei denen eine dauernde Einwirkung von Feuchtigkeit in Frage kommt, wird man zweckmäßig geeignete Asbest-Kunstharz-Preßmischungen verwenden.

[2] Bültemann, 2. Forschungsheft „Isolierstoffe" der Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen.

Vereinfachte Verfahren zur Bestimmung der Amperewindungszahl für Zähne und Luftspalt eines Drehstrommotors.

Von Ingenieur **John Fletcher**, Trollhättan.

Übersicht. Es wird die von Arnold beschriebene Methode zur Bestimmung der AW-Zahl der Zähneschicht eines Drehstrommotors besprochen. Vereinfachte Verfahren werden beschrieben, welche die schnelle und mühelose Berechnung dieser Größe bei den verschiedenen Nutenformen ermöglichen. Zahlenbeispiele werden gebracht.

I. Rechteckige Nuten.

Nach der von Arnold in seinem Werk „Die Wechselstromtechnik" beschriebenen Methode zur Berechnung der AW-Zahl der Zähneschicht eines Drehstrommotors verfährt man wie folgt. Es wird ein primärer Wert $AW_{l1} = 0{,}8\, k\, \delta$ berechnet, wo k eine Konstante > 1 ist, welche den Einfluß der Nutenschlitze berücksichtigt und welche auch eine Sicherheit gegen Fabrikationsfehler einschließen sollte. Das Produkt $k\,\delta$ wird im folgenden mit δ_i bezeichnet. Die Zahnsättigungen im Zahnfuß, in der Zahnmitte und im Zahnkopf werden berechnet und ein Mittelwert $aw = \frac{aw' + 4\,aw'' + aw'''}{6}$ nach der Simpson-Regel der Berechnung der primären Werte $AW_{z\,s\,1}$ und $AW_{z\,r\,1}$ zugrunde gelegt. Mit $AW_{z\,l\,1} = AW_{l\,1} + AW_{z\,s\,1} + AW_{z\,r\,1}$ wird das Verhältnis $k_z = \frac{AW_{z\,l\,1}}{AW_{l\,1}}$ als Maß für

die Formveränderung des Feldes benutzt, indem einem gewissen k_z ein gewisser vergrößerter Wert des Füllfaktors des Feldes entspricht. Dieses kann auch so ausgedrückt werden, daß die Sättigungen um einen gewissen Prozentsatz sinken. Die AW-Werte werden von neuem ausgerechnet, und die Summe gibt den endgültigen Wert $AW_{z\,l\,2}$. Bei hohen Sättigungen kommt noch eine Korrektion für die Leitfähigkeit des Nutenraumes hinzu.

Gegen dieses Verfahren kann man folgendes einwenden. Bei rechteckigen Nuten und sehr hoher maximaler Zahnsättigung ist diese praktisch allein für den erwähnten Mittelwert maßgebend, denn bei einer maximalen Sättigung von z. B. 22 000 ist es ziemlich gleichgültig, ob die anderen Sättigungen, z. B. 13 750 und 10 000 oder 14 650 und 11 000 betragen. Mit anderen Worten sollten die primären AW_z-Werte für einen solchen Grenzfall den Nutenhöhen nahezu proportional sein, während es selbstverständlich ist, daß eine Verlängerung der schwach belasteten Zonen keine praktische Bedeutung hat. Obwohl diese Tatsache bei den in der Praxis vorkommenden Verhältnissen eine ziemlich kleine Rolle spielt, kann die Rechnung sehr vereinfacht werden, wenn man einen anderen Weg geht.

Wenn man eine Anzahl Zähne mit $B_{min} : B_{max} = 0{,}5$, 0,6, usw. in sehr kleine Teile zerlegt und durch Addition die genaue AW-Zahl ermittelt, kann für jedes dieser Verhältnisse von B_{min} zu B_{max} eine Magnetisierungskurve berechnet werden, welche das durchschnittliche $a\omega$ über den ganzen Zahn angibt. Abb. 1 zeigt eine solche Kurvenschar.

Ein Nachteil ist, daß sich die Leitfähigkeit des Nutenraumes nicht genau berücksichtigen läßt, obwohl eine durchschnittliche Korrektion eingeführt werden kann. In der Tat ist die Kurve für $B_{min} : B_{max} = 1{,}0$ nicht die gewöhnliche Magnetisierungskurve, sondern liegt etwas günstiger.

Eine ähnliche Kurvenschar kann für runde Nuten berechnet werden.

Die Sättigungen und die Verhältnisse $B_{min} : B_{max}$ lassen sich einfach mit nachstehenden Formeln bestimmen. Es bedeuten darin

$$\gamma = \frac{2 \times \text{Nutenhöhe}}{\text{Rotordurchmesser}}$$

$$\varkappa = \frac{\text{Nutenzahl} \times \text{Nutenbreite}}{\text{Rotordurchmesser}}.$$

Für Stator und rechteckige Nuten

$$B_{max} = \frac{B_l}{0{,}9} \cdot \frac{1}{1 - \frac{\varkappa_s}{\pi}} \qquad \frac{B_{min}}{B_{max}} = \frac{1 - \frac{\varkappa_s}{\pi}}{1 - \frac{\varkappa_s}{\pi} + \gamma_s}.$$

Für Stator und Trapeznuten

$$B_{max} = \frac{B_l}{0{,}9} \cdot \frac{1}{1 - \frac{\varkappa_1}{\pi}} \qquad \frac{B_{min}}{B_{max}} = \frac{1 - \frac{\varkappa_1}{\pi}}{1 - \frac{\varkappa_2}{\pi} + \gamma_s}.$$

$\varkappa_1$ gilt am Luftspalt, $\varkappa_2$ am Nutenboden.

Für Rotor und rechteckige Nuten

$$B_{max} = \frac{B_l}{0{,}9} \cdot \frac{1}{1 - \frac{\varkappa_r}{\pi} - \gamma_r} \qquad \frac{B_{min}}{B_{max}} = \frac{1 - \frac{\varkappa_r}{\pi} - \gamma_r}{1 - \frac{\varkappa_r}{\pi}}.$$

Für Rotor und runde Nuten

$$B_{max} = \frac{B_l}{0{,}9} \cdot \frac{1}{1 - \frac{\varkappa_r}{\pi} - \frac{\gamma_r}{2}} \qquad \frac{B_{min}}{B_{max}} = \frac{1 - \frac{\varkappa_r}{\pi} - \frac{\gamma_r}{2}}{1 - \gamma_r}.$$

Nebenbei gesagt gestatten die Größen γ und $\varkappa$ ein bequemes Berechnen der Luftlängen der Wicklungen.

Diese Kurven erleichtern schon die Arbeit sehr. Man kann aber weiter gehen, und wir behandeln zuerst rechteckige Nuten.

Wenn man bei einem gewissen Motor die Nutenhöhen bei konstantem B_{max} über eine gewisse Grenze vergrößert und AW_z mit Hilfe der Kurven in Abb. 1 berechnet, wächst AW_z nicht mehr merklich, was zu erwarten war. Wenn man die ganze Berechnung der $AW_{z\,l\,2}$ durchführt, wird der Unterschied infolge der Formveränderung des Feldes noch geringer. Man macht einen sehr kleinen Fehler, wenn man die Berechnung bei derjenigen Nutenhöhe macht, wo $B_{min} : B_{max} = 0{,}5$ ist. Die entsprechenden γ-Werte sind im Stator $\gamma_s = 1 - \frac{\varkappa_s}{\pi}$ und im Rotor $\gamma_r = \frac{1}{2}\left(1 - \frac{\varkappa_r}{\pi}\right)$.

Wenn man alle Abmessungen des Motors in demselben Maßstab unter Beibehaltung von B_l und B_z ändert, bleibt

Abb. 1. Magnetisierungskurven.

das Verhältnis $\frac{AW_{z\,l\,1}}{AW_{l\,1}}$ unverändert, denn der Luftspalt und die (fiktiven) Nutenhöhen sind in demselben Verhältnis größer oder kleiner geworden. k_z ist also unverändert geblieben und daher auch — wenn die ganze Rechnung durchgeführt wird — das Verhältnis $\frac{AW_{z\,l\,2}}{AW_{l\,1}}$, welches nachher mit α bezeichnet wird. Bei gewissen B_l und gewisser Kombination von $B_{z\,s}$ und $B_{z\,r}$ ist also α durch das Verhältnis $\frac{D_l}{\delta_i}$ eindeutig bestimmt (D_l bezeichnet den Rotordurchmesser).

Nun waren die fiktiven γ-Werte

$$\gamma_s = \left(1 - \frac{\varkappa_s}{\pi}\right) = \frac{B_l}{0{,}9\, B_{z\,s}}$$

$$\gamma_r = \frac{1}{2}\left(1 - \frac{\varkappa_r}{\pi}\right) = \frac{1}{2}\;\frac{B_l}{0{,}9\, B_{z\,r}}.$$

Wenn man B_l ändert, ändern sich auch die fiktiven Nutenhöhen in demselben Verhältnis, während $B_{min} : B_{max} = 0{,}5$ bleibt. Folglich ändert sich k_z nicht, und daher auch nicht das Verhältnis $\alpha = \frac{AW_{z\,l\,2}}{AW_{l\,1}}$. Damit ist bewiesen: Bei rechteckigen Nuten und einer gewissen Kombination von $B_{z\,s}$ und $B_{z\,r}$ (Maximalwerten) ist das Verhältnis $\alpha = \frac{AW_{z\,l\,2}}{AW_{l\,1}}$ eindeutig durch das Verhältnis $\frac{D_l}{\delta_i}$ bestimmt.

Abb. 2. α-Kurven für rechteckige Nuten.

Jedem Wert von $\frac{D_l}{\delta_i}$ entspricht also bei gleichen Sättigungen im Stator und Rotor eine Kurve über $\alpha = \frac{AW_{z\,l\,2}}{AW_{l\,1}}$ in Abhängigkeit von B_z. Diese Kurven haben die Grundform der Magnetisierungskurve. Abb. 2 gibt eine Anzahl solcher Kurven für verschiedene $\frac{D_l}{\delta_i}$.

Der praktische Rechenvorgang (bei gleichen Sättigungen in Stator und Rotor) wird folgender: $AW_{l\,1}$ wird aus B_l und δ_i berechnet.

$$AW_{l\,1} = 0{,}8\, \delta_i\, B_l.$$

Die maximalen Sättigungen werden mit Hilfe der γ- und $\varkappa$-Werte nach den gegebenen Formeln bestimmt.

Man geht in das Diagramm mit diesem B_z herein und entnimmt ihm den Wert von $\alpha = \frac{AW_{zl2}}{AW_{l1}}$, der dem Verhältnis $\frac{D_l}{\delta_i}$ im vorliegenden Falle entspricht. Eine Multiplikation gibt AW_{zl2}:

$$AW_{zl2} = \alpha \, AW_{l1}.$$

Es ist ein Zufall, wenn die beiden Zahnsättigungen gleich sind. Ist das nicht der Fall, haben zahlreiche durchgerechnete Beispiele folgende Rechenregel bestätigt.

Man bestimmt den α-Wert, der gelten würde, wenn die Statorsättigung sowohl im Stator als auch im Rotor vorhanden wäre. Ebenso bestimmt man den α-Wert, der dem Vorhandensein der Rotorsättigung in beiden Zähneschichten entspricht. Der größere dieser α-Werte ist α_g, der kleinere α_k. Ein Mittelwert wird wie folgt gebildet:

$$\alpha = 0{,}7\,\alpha_g + 0{,}3\,\alpha_k.$$

Wie später gezeigt werden soll, hat diese Regel allgemeine Gültigkeit beim Addieren zweier ungleicher Zähneschichten. Sie wird kurz die Additionsregel genannt.

Über die Genauigkeit dieser Methode (bezogen auf die Ergebnisse der „genauen" Rechnung nach den Kurven in Abb. 1) ist folgendes zu sagen. Der Unterschied zwischen dem Grenzwert von AW_{zl2}, der auch bei sehr großen Nutenhöhen nicht überschritten wird, und dem Wert, welchen praktisch vorkommende Nutenhöhen geben, beträgt im allgemeinen 1 ... 2 %. Die Rechenregel für die Zusammensetzung zweier ungleicher Zahnsättigungen hat in keinem Fall einen größeren Fehler als etwa 1 % gegeben. Wenn der Kurvenschar in Abb. 2 die für jede Fabrikation früher verwendeten Magnetisierungs- und Formveränderungskurven zugrunde gelegt werden, ist die Methode unbedingt zulässig, da doch die Abweichung des Leerlaufstromes von dem vorausberechneten Wert im allgemeinen viel größer ist als die genannten Abweichungen.

Es sei ein **Zahlenbeispiel** gebracht.

$D_l = 250$, $\delta = 0{,}65$, $k = 1{,}25$, $\delta_i = 0{,}81$, $\frac{D_l}{\delta_i} = 309$, $B_l = 7500$, $AW_{l1} = 486$.

Stator 48 Nuten 9,4 · 28 $B_{zs} = 19\,600$.

Rotor 60 Nuten 5,0 · 26 $B_{zr} = 20\,300$.

$B = 19\,600$, $\frac{D_l}{\delta_i} = 309$ gibt nach Abb. 2 $\alpha = 1{,}15$

$B = 20\,300$, $\frac{D_l}{\delta_i} = 309$ „ „ „ 2 $\alpha = 1{,}175$,

$$\alpha = 0{,}7 \cdot 1{,}175 + 0{,}3 \cdot 1{,}15 = 1{,}167$$

$$AW_{zl2} = 1{,}167 \cdot 486 = 566.$$

Eine Berechnung unter direkter Benutzung der Kurven in Abb. 1 gibt $AW_{zl2} = 569$.

II. Runde und trapezförmige Nuten.

Zunächst wird angenommen, daß runde Nuten derselben Zahl und Größe in Stator und Rotor vorhanden sind. Es gelten die Formeln:

Für den Stator:

$$B_{max} = \frac{B_l}{0{,}9} \cdot \frac{1}{1 - \frac{\varkappa}{\pi} + \frac{\gamma}{2}}; \quad \frac{B_{min}}{B_{max}} = \frac{1 - \frac{\varkappa}{\pi} + \frac{\gamma}{2}}{1};$$

für den Rotor:

$$B_{max} = \frac{B_l}{0{,}9} \cdot \frac{1}{1 - \frac{\varkappa}{\pi} - \frac{\gamma}{2}}; \quad \frac{B_{min}}{B_{max}} = \frac{1 - \frac{\varkappa}{\pi} - \frac{\gamma}{2}}{1 - \gamma}.$$

Mit einem geringen Fehler kann man dieselben Werte für Stator und Rotor einsetzen, u. zw.

$$B_{max} = \frac{B_l}{0{,}9} \cdot \frac{1}{1 - \frac{\varkappa}{\pi}}; \quad \frac{B_{min}}{B_{max}} = 1 - \frac{\varkappa}{\pi},$$

also

$$B_{min} = \frac{B_l}{0{,}9},$$

d. h. man denkt sich die Rotoroberfläche in eine Ebene ausgebreitet.

Die AW-Zahl ist hier nicht von der Nutenhöhe (Lochdurchmesser d) unabhängig, denn die Länge der stark gesättigten Zone nimmt mit dem Lochdurchmesser zu. Wenn man bei konstantem B_z und δ_i das Verhältnis $\frac{B_{min}}{B_{max}} = \frac{B_l}{0{,}9\,B_{max}}$ von 0,2 ab wachsen läßt (was als praktisch untere Grenze gelten kann), bleibt das Verhältnis $k_z = \frac{AW_{zl1}}{AW_{l1}}$ zwar nicht konstant, sinkt jedoch verhältnismäßig wenig. Führt man die ganze Rechnung durch, bewirken die verschiedenen Formveränderungen des Feldes bei verschiedenen k_z, daß das Verhältnis $\alpha = \frac{AW_{zl2}}{AW_{l1}}$ praktisch konstant bleibt. Der Einfluß des Rotordurchmessers ist bereits ausgeschaltet worden. Man kann daher behaupten: Bei runden Nuten und einer gewissen Zahnsättigung ist das Verhältnis $\alpha = \frac{AW_{zl2}}{AW_{l1}}$ eindeutig vom Verhältnis $\frac{d}{\delta_i}$ bestimmt. Die entsprechende Kurvenschar ist in Abb. 3 dargestellt.

Abb. 3. α-Kuren für runde Nuten.

Sollten Stator und Rotor verschiedene Zahnsättigungen haben, wird die Additionsregel verwendet.

Motoren mit runden Nuten in Stator und Rotor kommen nicht vor. Zahlreiche Beispiele haben aber die Gültigkeit der Additionsregel auch für den Fall bestätigt, daß der Stator rechteckige und der Rotor runde Nuten hat. Gewöhnlich gibt die Methode etwas zu große Werte (bis etwa 3 %).

Beim praktischen Rechnen entnimmt man also der Kurvenschar in Abb. 2 den α-Wert, der B_{zs} und $\frac{D_l}{\delta_i}$ entspricht, und der Kurvenschar in Abb. 3 denjenigen, der B_{zr} und $\frac{d}{\delta_i}$ entspricht. Die Additionsregel wird verwendet, wobei der größere Wert mit 0,7, der kleinere mit 0,3 multipliziert wird, unabhängig davon, welcher für den Stator und welcher für den Rotor gilt. Die Rotorsättigung wird bestimmt nach der ursprünglichen Formel

$$B_{zr} = \frac{B_l}{0{,}9} \cdot \frac{1}{1 - \frac{\varkappa}{\pi} - \frac{\gamma}{2}}.$$

Es wird angenommen, daß Trapeznuten solcher Form sowohl im Stator als auch im Rotor vorhanden sind, daß die Zahnsättigungen gleich und längs der Zähne konstant sind. Von der Nutenhöhe kann die AW-Zahl natürlich nicht unabhängig sein, dagegen ist sie vom Rotordurchmesser unabhängig und ferner von B_l und δ_i, wenn das Produkt $B_l\,\delta_i$ konstant bleibt. Wenn man die Summe der Nutenhöhen bei konstanter Zahnsättigung in demselben Verhältnis wie das Produkt $B_l\,\delta_i$ ändert, bleibt k_z und daher auch α konstant. Wenn h_m der Mittelwert der Nutenhöhen h_s und h_r ist, kann behauptet werden: Bei Trapeznuten und einer gewissen Zahnsättigung ist das Verhältnis $\alpha = \frac{AW_{zl2}}{AW_{l1}}$ eindeutig vom Verhältnis $\frac{h_m}{AW_{l1}}$ bestimmt.

Die entsprechenden Linien sind in Abb. 4 wiedergegeben. h_m ist in Millimeter zu messen.

Die Methode hat bei Trapeznuten in allen durchgerechneten Beispielen etwas zu große Werte (bis 5 %) ergeben. Die kleinere Genauigkeit ist wahrscheinlich auf eine Unregelmäßigkeit der benutzten Formänderungskurve zurückzuführen, die sich bei diesen niedrigeren (und konstanten) Sättigungen mehr bemerkbar macht.

Bei verschiedenen (aber längs der Zähne konstanten) Sättigungen in Stator und Rotor benutzt man die Additionsregel.

Bei verschiedenen Sättigungen in Stator und Rotor, welche außerdem längs der Zähne variabel sind, verfährt man wie folgt. Die den beiden Statorsättigungen B_{max} und B_{min} entsprechenden α-Werte werden nach der Additionsregel zu α_s zusammengesetzt. Ebenso wird α_r bestimmt. α_s und α_r werden nach der Additionsregel zusammengesetzt, wodurch man den α-Wert erhält, der für die ganze Zähneschicht gilt.

Abb. 4. α-Kurven für Trapeznuten.

Bei Trapeznuten im Stator und rechteckigen oder runden Nuten im Rotor wird α_s wie oben berechnet. Für den Rotor findet man α_r in Abb. 2 bzw. Abb. 3. Auf α_s und α_r wird die Additionsregel angewendet.

Ein **Zahlenbeispiel** möge das Gesagte erläutern.

$D = 150$, $\delta = 0{,}45$, $k = 1{,}4$, $\delta_i = 0{,}63$, $B_l = 7000$, $AW_{l1} = 353$,
Stator 36 Nuten 7,0/10,5 · 22

$$B_{zs} = 16\,750/15\,700, \quad \frac{h}{AW_{l1}} = 0{,}0625,$$

Rotor 43 Nuten 6,3 Dmr.

$$B_{zr} = 20\,300, \quad \frac{d}{\delta_i} = 10{,}0.$$

$B = 16\,750$, $\frac{h}{AW_{l1}} = 0{,}0625$ gibt nach den Kurven der Abb. 4 $\alpha = 1{,}13$

$B = 15\,700$, $\frac{h}{AW_{l1}} = 0{,}0625$ gibt nach den Kurven der Abb. 4 $\alpha = 1{,}105$

} $\alpha_s = 1{,}122$

$B = 20\,300$, $\frac{d}{\delta_i} = 10{,}0$ gibt nach den Kurven der Abb. 3

$$\alpha_r = 1{,}162$$

$$\alpha = 0{,}7 \cdot 1{,}162 + 0{,}3 \cdot 1{,}122 = 1{,}149$$

$$AW_{zl2} = 1{,}149 \cdot 353 = 405.$$

Eine direkte Berechnung gibt $AW_{zl2} = 404$.

In folgender Aufstellung sind die verschiedenen Methoden der Übersicht halber zusammengestellt.

Nutenform	$\alpha = \frac{AW_{zl2}}{AW_l}$ bestimmt von	benutzte Abb.
rechteckig	$\frac{D_l}{\delta_i}$	2
rund	$\frac{d}{\delta_i}$	3
trapezförmig	$\frac{h}{AW_{l1}}$	4

Wenn im vorigen gesagt worden ist, daß die Genauigkeit einer Methode z. B. 2 % beträgt, soll damit nicht gesagt sein, daß sich der Leerlaufstrom mit dieser Genauigkeit vorausberechnen läßt, sondern es wird gemeint, daß die Ergebnisse um höchstens so viel Prozent von denjenigen abweichen, welche mit den gewöhnlichen Methoden erreicht werden, wenn die dabei benutzten Kurven den angeführten Diagrammen zugrunde gelegt werden. Auch werden letztere nicht für jede Fabrikation ohne weiteres verwendbar sein, sondern den besonderen Verhältnissen jedes Betriebs angepaßt werden müssen.

Über eine Möglichkeit, Rundfunkstörungen zu unterdrücken, die durch elektrische Schaltwerke entstehen.

Von Dr.-Ing. K. **Heinrich**, Wismar.

Übersicht. **Es wird die Eigentümlichkeit der Halbwattlampe, den Fadenwiderstand vom kalten zum glühenden Faden stark zu erhöhen, angewandt, um Schaltstellen, wie Lichtreklame und ähnliche, zu überbrücken. Dadurch wird der Abschaltstoß so stark gedämpft, daß Rundfunkstörungen wesentlich herabgesetzt werden. An Hand von Oszillogrammen werden die Vorgänge näher erläutert und an einigen Schaltbildern die Anwendung gezeigt. Sämtliche Aufnahmen wurden im Elektrotechn. Institut der Ingenieur-Akademie der Stadt Wismar hergestellt.**

Unter Schaltwerken im Sinne des folgenden sollen solche verstanden werden, die Stromkreise mehrere Male in einer Minute über eine längere Zeit hin ab- und zuschalten. An Beobachtungen wurde festgestellt, daß hauptsächlich die Stromunterbrechung die Störgeräusche, wie Kratzen, Knacken usw., in benachbarten Empfängern hervorruft. Durch eine einzige Lichtreklame, die ähnlich der in Abb. 5 arbeitet, ist der Empfang mehrerer Straßen erheblich gestört worden. Ein Umschaltwerk für ein elektrisches Glockengeläut setzte den Empfang in einer kleinen Stadt so herab, daß während des Läutens abgestellt werden mußte.

Bekanntlich kann nun die Wirkung des Abschaltstoßes, die um so größer ist, je höher die abzuschaltende Stromstärke und je kürzer die Abschaltzeit ist, dadurch wesentlich herabgesetzt werden, daß das Abschalten über eine Anzahl fein abgestufter Widerstände erfolgt. Abgesehen davon, daß eine derartige Einrichtung erhebliche Herstellungskosten bedingen würde, käme sie nur für neu zu errichtende Anlagen in Frage. In den meisten Fällen handelt es sich jedoch um bestehende Anlagen mit durchweg Einkontakt-Schaltstellen.

In Fällen, wo es sich um Gleichstrom handelt, bringen bis zu einem gewissen Grade Kondensatoren, die die Schaltstellen überbrücken, Besserung. Dabei ist aber zu beachten, daß nach Öffnen der Schaltstelle der Kondensator seine Ladung behält. Diese Ladung fließt beim Schließen der Schaltstelle als Kondensator-Kurzschlußstrom über die Schaltstelle und bringt dadurch oftmals eine sogar größere Störung für den benachbarten Empfänger. Da läßt sich nun eine Erscheinung der Halbwattlampe mit gutem Erfolge verwenden. Eine Halbwattlampe hat beim Glühen einen wesentlich höheren Fadenwiderstand als bei kaltem Faden. Demgemäß wird der Strom, der eine solche Lampe durchfließt, im Augenblick des Einschaltens sehr hoch sein und schnell auf den wesentlich kleineren Wert des normalen Brennstroms abklingen. Der Strom im Augenblick des Einschaltens möge der Zündstrom genannt werden.

Abb. 1. Zündung einer Halbwattlampe (220 V, 200 W, 50 Hz, $U = 169$ V_{eff}).

In Abb. 1 ist dieses Abklingen vom Zündstrom auf den Brennstrom durch ein Oszillogramm dargestellt. Es wurde eine Halbwattlampe für 220 V, 200 W an eine Wechselspannung von 169 V_{eff} gelegt. Der Zündstrom (3,6 A_{eff}) klingt in 0,22 s auf den Brennstrom (0,7 A_{eff}) ab.

Abb. 2 zeigt ein ähnliches Oszillogramm einer Autoscheinwerferlampe für 12 V, 30 W. Vom Zündstrom (9,2 A_{eff}) bis zum Brennstrom (2,5 A_{eff}) beträgt die Ab-

klingzeit 0,25 s. Legt man nun eine solche Halbwattlampe parallel zu einer Schaltstellung, so stellt sie einen stufenlosen Vorschaltwiderstand dar, der selbsttätig den Abschaltstrom in kurzer Zeit wesentlich herabsetzt. In Abb. 3 ist ein einfaches Anwendungsbeispiel und in Abb. 4 das Oszillogramm dafür dargestellt. Die Belastung stellte eine Drosselspule dar, der abzuschaltende Strom betrug

Abb. 2. Zündung einer Autolampe (12 V, 30 W, 50 Hz).

2 A_{eff}. Der Schaltstelle parallel war eine Halbwattlampe für 220 V, 200 W gelegt. Die Einsturzzeit betrug von 2 A_{eff} auf 0,6 A_{eff} 0,22 s. In einem Empfänger, der stark induktiv mit dem Stromkreis gekoppelt war, konnte kein Geräusch festgestellt werden. — Eine Anwendung auf eine einfachste Lichtreklame zeigt Abb. 5.

Abb. 3. Störbefreiung durch Halbwattlampe parallel zum Schalter.

Abb. 4. Abschaltung des Kreises Abb. 3 (Halbwattlampe 220 V, 200 W).

Nun sind dabei aber zwei Punkte zu beachten:

a) Da der Strom nicht völlig unterbrochen, sondern nur stark herabgesetzt wird, kann diese Art Störbefreiung nur da verwendet werden, wo der während der Abschaltezeit fließende Brennstrom der Brückenlampe keinen praktischen Einfluß hat.

b) Zwischen Glühen der Brückenlampe und Erlöschen muß mindestens die Zeit liegen, die erforderlich ist, um den Faden wieder bis auf den kalten Widerstand zu bringen, damit der Einschalt-Lampenstrom beim nächsten Schaltvorgang wieder den notwendigen hohen Wert erreicht, also den Abschaltestrom des Kreises voll übernehmen kann. Die Zeit des Schlusses der Schaltstelle wird also durch die Abkühlzeit der Brückenlampe **mitbestimmt**.

Abb. 5. Störbefreiung an einer einfachen Lichtreklameanlage durch Parallelglühlampen.

In Abb. 6 sind die Oszillogramme dargestellt, die die Abkühlzeiten dreier verschiedener Halbwattlampen zeigen. Für eine Lampe von 220 V, 200 W ergab sich eine Abkühlzeit von 10,1 s, für eine Lampe von 220 V, 150 W 8,1 s und für eine Lampe von 220 V, 75 W 4,3 s. Wäre also z. B. eine Schaltstelle mit einer Lampe 220 V, 150 W überbrückt, so darf die Schalterschlußzeit nicht wesentlich unter 8 s liegen.

Man sieht sofort, daß dieser scheinbare Übelstand leicht dadurch umgangen werden kann, daß man statt einer Brückenlampe mehrere parallel schaltet, die entsprechend geringere Leistung haben.

	Ω	mA	V	W
a	4	3,1	220	200
b	—	2,6	220	150
c	—	1,37	220	75

Abb. 6. Abkühlzeiten dreier Glühlampen.

Da nur bezweckt war, auf die Möglichkeit der Verwendung der Halbwattlampe oder anderer Überbrückungswiderstände mit ähnlichem Verhalten zur Störbefreiung hinzuweisen, sollen weitere Schaltmöglichkeiten nicht besprochen werden. Die Anmeldung zum Patent ist erfolgt.

Die stationären und nichtstationären Verhältnisse bei der induktiven Zugbeeinflussung.

Von **A. Kammerer**, Berlin.

(Schluß von S. 1336.)

II. Nichtstationäre Verhältnisse.

Beim Vergleich der Aufnahmen des primären Stromes in Abhängigkeit von der relativen Stellung des Lokomotiv- und Gleismagneten fällt bei genauerer Betrachtung auf, daß die Ergebnisse im Versuchsfeld, d. h. unter stationären Bedingungen, andere sind als bei Versuchsfahrten, bei welchen der Stromverlauf im primären Kreis mit Hilfe eines in ein Fahrzeug eingebauten Oszillographen registriert wurde. Diese Änderung macht sich in einer mit wachsender Fahrgeschwindigkeit zunehmenden Verschlechterung der primären Stromsenkung bemerkbar. Das läßt darauf schließen, daß die Ausgleichvorgänge eine gewisse Rolle spielen. In einem einfachen Kreis, bestehend aus Induktivität und ohmschem Widerstand, hängt die Dauer des Ausgleichvorganges bekanntlich von der Zeitkonstanten, d. h. dem Verhältnis L/r ab, und zwar ist der Ausgleichvorgang von um so längerer Dauer, je größer dieses Verhältnis ist. Bei der induktiven Zugbeeinflussung ist der Verlauf der Ausgleichvorgänge wesentlich komplizierter, da es sich um gekoppelte Resonanzkreise handelt. Wir müssen uns daher begnügen, wenn wir den Kern der Vorgänge durch Rechnung einigermaßen treffen wollen, wieder gewisse vereinfachende Annahmen zu machen. So setzen wir z. B. voraus, der sekundäre Kreis würde plötzlich durch Kopplung mit dem primären Kreis verbunden werden. Dies würde also dem Fall entsprechen, daß sich ein Zug mit unendlich großer Geschwindigkeit über die Strecke bewegt. Wollte man berücksichtigen, daß sich die Kopplung während der Beeinflussung stetig ändert (veränderlicher Wechselinduktions-Koeffizient), so würde man schon — selbst bei Voraussetzung konstanter Selbstinduktions-Koeffizienten, Kapazitäten und ohmscher Widerstände — auf große Schwierigkeiten stoßen, und noch komplizierter würde die Aufgabe werden, wollte man gar noch die Eisenverluste berücksichtigen. Zur rechnerischen Darstellung werde der Fall der Gleichstimmung beider Kreise betrachtet, u. zw. sollen wieder die Kreiskonstanten L, C, r beider Stromkreise gleich groß sein.

Die freien Ströme werden erhalten, indem man von den Differentialgleichungen der Spannungen der beiden Stromkreise ausgeht und die erzwungene Schwingung (Störungsglied) gleich Null setzt:

$$L\frac{\mathrm{d}i_1}{\mathrm{d}t} + r\,i_1 + \frac{1}{C}\int i_1\,\mathrm{d}t + M\frac{\mathrm{d}i_2}{\mathrm{d}t} = 0 \qquad (1)$$

$$L\frac{\mathrm{d}i_2}{\mathrm{d}t} + r\,i_2 + \frac{1}{C}\int i_2\,\mathrm{d}t + M\frac{\mathrm{d}i_1}{\mathrm{d}t} = 0. \qquad (2)$$

Differentiiert man beide Gleichungen noch einmal nach der Zeit t und verbindet sie miteinander, so läßt sich zeigen, daß bei Anwendung des bekannten Lösungsansatzes $e^{\alpha t}$ vier Wurzeln $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ erhalten werden. Dann lauten die Lösungen für die freien Ströme ganz allgemein

$$i_{1f} = A_1\,e^{\alpha_1 t} + A_2\,e^{\alpha_2 t} + A_3\,e^{\alpha_3 t} + A_4\,e^{\alpha_4 t} \qquad (3)$$

$$i_{2f} = B_1\,e^{\alpha_1 t} + B_2\,e^{\alpha_2 t} + B_3\,e^{\alpha_3 t} + B_4\,e^{\alpha_4 t}. \qquad (4)$$

Da diese Gleichungen für alle Zeiten, also auch für $t = 0$ gelten müssen, so lassen sich jetzt bestimmte Beziehungen zwischen den Koeffizienten A und B herstellen. Es muß nämlich jeder Wert α die Gl. (1) und (2) erfüllen, d. h. zu Null machen; demnach ist

$$\left(L\,\alpha_1^2 + r\,\alpha_1 + \frac{1}{C}\right) + M\,\alpha_1^2\,B_1 = 0 \quad \text{usw.},$$

wobei sich der gemeinsame Faktor $e^{\alpha t}$ jedesmal heraushebt. Führt man diese Rechnungen für alle Werte α_1, α_2, α_3, α_4 durch, so zeigt sich, daß

$$A_1 = -B_1, \quad A_2 = -B_2, \quad A_3 = B_3, \quad A_4 = B_4.$$

Nun kann man die Wurzeln α durch die Konstanten L, M, C und r der Stromkreise ausdrücken, u. zw. aus den Beziehungen

$$L\,\alpha_1^2 + r\,\alpha_1 + \frac{1}{C} - M\,\alpha_1^2 = 0$$

$$L\,\alpha_2^2 + r\,\alpha_2 + \frac{1}{C} - M\,\alpha_2^2 = 0$$

$$L\,\alpha_3^2 + r\,\alpha_3 + \frac{1}{C} + M\,\alpha_3^2 = 0$$

$$L\,\alpha_4^2 + r\,\alpha_4 + \frac{1}{C} + M\,\alpha_4^2 = 0.$$

Die Auflösung dieser Gleichungen liefert die Exponenten

$$\alpha_{1,2} = \frac{-r}{2(L-M)} \pm \sqrt{\frac{r^2}{4(L-M)^2} - \frac{1}{C(L-M)}} \qquad (5)$$

$$\alpha_{3,4} = \frac{-r}{2(L+M)} \pm \sqrt{\frac{r^2}{4(L+M)^2} - \frac{1}{C(L+M)}}. \qquad (6)$$

Das erste Glied, welches wir mit a_1 bzw. a_2 bezeichnen wollen, bedeutet die Dämpfung, das Wurzelglied, für welches die Bezeichnung b_1 bzw. b_2 gesetzt werde, stellt die Eigenschwingungszahlen der gekoppelten Kreise dar, wobei zu bemerken ist, daß der Ausdruck unter der Wurzel negativ wird. Die Exponentialfunktion hat demnach folgende Form:

$$e^{\alpha t} = e^{-a t}(\cos b\,t \pm j \sin b\,t).$$

Für den Wert $t = 0$ lauten die Gl. (3) und (4)

$$i_{1f_0} = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 \qquad (3a)$$

$$i_{2f_0} = -A_1 - A_2 + A_3 + A_4, \qquad (4a)$$

das sind also zwei Gleichungen mit vier Unbekannten. Um diese zu ermitteln, müssen noch zwei weitere Gleichungen beschafft werden. Zu diesem Zweck differentiieren wir Gl. (3) und (4) nach t und setzen sodann $t = 0$:

$$i_1{}'_{f_0} = \alpha_1 A_1 + \alpha_2 A_2 + \alpha_3 A_3 + \alpha_4 A_4 \qquad (3b)$$

$$i_2{}'_{f_0} = -\alpha_1 A_1 - \alpha_2 A_2 + \alpha_3 A_3 + \alpha_4 A_4. \qquad (4b)$$

Der Übersichtlichkeit halber schreiben wir

$$A_1 + A_2 = A_{12}, \qquad A_3 + A_4 = A_{34}$$

$$\alpha_1 A_1 + \alpha_2 A_2 = A_{12}', \qquad \alpha_3 A_3 + \alpha_4 A_4 = A_{34}'.$$

Auf diese Weise können jetzt die Konstanten $A_1 \ldots A_4$ festgelegt werden:

$$A_1 = \frac{A_{12}' - \alpha_2 A_{12}}{\alpha_1 - \alpha_2}, \qquad A_2 = \frac{-(A_{12}' - \alpha_1 A_{12})}{\alpha_1 - \alpha_2}$$

$$A_3 = \frac{A_{34}' - A_{34}\,\alpha_4}{\alpha_3 - \alpha_4}, \qquad A_4 = \frac{-(A_{34}' - \alpha_3 A_{34})}{\alpha_3 - \alpha_4}.$$

Nach verschiedenen Umformungen gewinnen die Hauptgleichungen (3) und (4) folgende Form:

$$i_{1f} = \left[A_{12}\cos b_1 t + \frac{A_{12}' + A_{12} a_1}{b_1}\sin b_1 t\right] e^{-a_1 t} + \left[A_{34}\cos b_2 t + \frac{A_{34}' + A_{34} a_1}{b_2}\sin b_2 t\right] e^{-a_2 t}$$

$$i_{2f} = -\left[A_{12}\cos b_1 t + \frac{A_{12}' + A_{12} a_1}{b_1}\sin b_1 t\right] e^{-a_1 t} + \left[A_{34}\cos b_2 t + \frac{A_{34}' + A_{34} a_2}{b_2}\sin b_2 t\right] e^{-a_2 t}.$$

Wie üblich läßt sich bei derartigen Ausdrücken eine wesentliche Vereinfachung vornehmen, indem man setzt

$$K_{12}^2 = A_{12}^2 + \left(\frac{A_{12}' + A_{12} a_1}{b_1}\right)^2 \quad K_{34}^2 = A_{34}^2 + \left(\frac{A_{34}' + A_{34} a_2}{b_2}\right)^2.$$

Das endgültige Ergebnis lautet folgendermaßen:

$$i_{1f} = K_{12}\,e^{-a_1 t}\sin(b_1 t + \varphi_1) + K_{34}\,e^{-a_2 t}\sin(b_2 t + \varphi_2) \qquad (7)$$

$$i_{2f} = -K_{12}\,e^{-a_1 t}\sin(b_1 t + \varphi_2) + K_{34}\,e^{-a_2 t}\sin(b_2 t + \varphi_2). \qquad (8)$$

Hier ist der Phasenwinkel φ_1 bzw. φ_2 durch die Beziehungen festgelegt

$$\sin\varphi_1 = \frac{A_{12}}{K_{12}}, \qquad \sin\varphi_2 = \frac{A_{34}}{K_{34}}.$$

Der Verlauf der freien Ströme i_{1f} bzw. i_{2f} [Gl. (7) und (8)] ist demnach gekennzeichnet durch das Zusammenwirken zweier Stromkomponenten, die im allgemeinen ungleich groß sind, verschiedene Dämpfung und Frequenz besitzen und außerdem die Phasenverschiebung φ_1 bzw. φ_2 gegen den Anfangswert haben. Im primären Stromkreis addieren sich diese Stromkomponenten, im sekundären dagegen subtrahieren sie sich. Die Lehre von den Schwingungen zeigt, daß das Zusammenwirken zweier Sinusschwingungen wenig verschiedener Frequenzen zu Schwebungen führt. Die Schwebungsfrequenz wird erhalten, indem man die Differenz aus beiden Frequenzen nimmt.

Abb. 16. Dämpfungsverhältnisse.

Abb. 17. Freie Schwingungen im primären Kreis.

Es handelt sich jetzt noch darum, aus den Anfangsbedingungen der Ströme die Konstanten K_{12} und K_{34} zu ermitteln. Faßt man die Gl. (3a) und (3b), (4a) und (4b) zusammen, so erhält man

$$A_{12} = \frac{i_{1f_0} - i_{2f_0}}{2} \qquad (9a)$$

$$A_{34} = \frac{i_{1f_0} + i_{2f_0}}{2} \qquad (9b)$$

$$A_{12}' = \frac{i_1{}'_{f_0} - i_2{}'_{f_0}}{2} \qquad (10a)$$

$$A_{34}' = \frac{i_1{}'_{f_0} + i_2{}'_{f_0}}{2}. \qquad (10b)$$

Für den Schaltmoment ($t = 0$) haben die Augenblickswerte der freien Ströme z. B. die Größe

$$i_{1f_0} = i_{10} - i_{1s} = \sqrt{2}(I_{10} - I_{1b}) \cos \omega t = \sqrt{2}(I_{10} - I_{1b})$$

$$i_{2f_0} = i_{20} - i_{2s} = \sqrt{2}(0 - I_{2b}) \cos \left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) = 0,$$

und deren Differentialquotient nach t

$$i_1{}'_{f_0} = i_{10}{}' - i_{1s}{}' = -\omega \sqrt{2}(I_{10} - I_{1b}) \sin \omega t = 0$$

$$i_2{}'_{f_0} = i_{20}{}' - i_{2s}{}' = -\omega \sqrt{2}(0 - I_{2b}) \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) = -\omega \sqrt{2}\, I_{2b}.$$

Diese Werte in Gl. (9 a) und (b) eingesetzt, gibt

$$A_{12} = \frac{\sqrt{2}}{2}(I_{10} - I_{1b}) = A_{34}$$

bzw. in (10a) und (10b)

$$A_{12}{}' = \omega \frac{\sqrt{2}}{2} I_{2b}, \quad A_{34}{}' = -\omega \frac{\sqrt{2}}{2} I_{2b}.$$

Abb. 18. Freie Schwingungen im sekundären Kreis.

Abb. 19. Gesamtstrom im primären Kreis.

Mit den Zahlenwerten, die der Konstruktion unseres ersten Diagrammes zugrunde gelegt sind, erhalten wir für den unbeeinflußten Primärstrom

$$I_{10} = \frac{U}{r} = \frac{75}{20} = 3{,}75 \text{ A},$$

für den beeinflußten Primärstrom

$$I_{1b} = \frac{U r}{r^2 + M^2 \omega_0^2} = \frac{75 \cdot 20}{20^2 + (1{,}2 \cdot 10^{-2} \cdot 5774)^2} = 0{,}288 \text{ A}$$

und für den beeinflußten Sekundärstrom gemäß Annahme bei der Konstruktion $I_2 = 1{,}00$ A. Mit den Stromkreiskonstanten $r = 20\,\Omega$, $L = 6 \cdot 10^{-2}$ H, $M = 1{,}2 \cdot 10^{-2}$ H wird der Dämpfungsexponent $a_1 = 208{,}2$ bzw. $a_2 = 138{,}9\ \Omega/\text{H}$ und die Eigenschwingungszahl $b_1 = 6460$ bzw. $b_2 = 5272\ \text{s}^{-1}$. Zur Ermittlung von K_{12} bzw. K_{34} werden die Werte von A_{12} und A_{34} aus den eben errechneten Werten der Ströme I_{10}, I_{1b}, I_{2b} errechnet:

$$K_{12} = \sqrt{A_{12}^2 + \left(\frac{A_{12}{}' + A_{12}\, a_1}{b_1}\right)^2},$$

$$K_{34} = \sqrt{A_{34}^2 + \left(\frac{A_{34}{}' + A_{34}\, a_2}{b_2}\right)^2}.$$

Als zahlenmäßiges Endergebnis erhalten wir jetzt $K_{12} = K_{34} = 2{,}55$ A, ferner ist der Phasenverschiebungswinkel $\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi$ und dessen Sinus gleich $A_{12}/K_{12} = A_{34}/K_{34} = 0{,}961$ ($\varphi = 74°$). Die Exponentialfunktionen $e^{-a_1 t}$ und $e^{-a_2 t}$ sind in der Abb. 16 zur Darstellung gebracht; man sieht, daß die erste rascher abklingt als die zweite. Die Schwebungsperiode beträgt $6460 - 5272 = 1188$, was einer Schwebungsdauer von $5{,}27 \cdot 10^{-3}$ s entspricht.

Die Schwingungsdauer zu b_1 ist $0{,}971 \cdot 10^{-3}$ s, zu b_2 dagegen $1{,}19 \cdot 10^{-3}$ s. Da dem Winkel $90° - 74° = 16°$ im Bogenmaß der Betrag 0,279 entspricht, so wird das Maximum der ersten Schwingung (b_1) nach einer Zeit $t = (0{,}971 \cdot 0{,}279) : 6{,}28 \cdot 10^{-3} = 0{,}0491 \cdot 10^{-3}$ s, dasjenige der zweiten Schwingung (b_2) nach $t = (1{,}19 \cdot 0{,}279) : 6{,}28 \cdot 10^{-3} = 0{,}0528 \cdot 10^{-3}$ s erreicht. Abb. 17 zeigt die Zusammensetzung der beiden Komponenten $K_{12}\, e^{-a_1 t} \sin (b_1 t + \varphi)$ und $K_{34}\, e^{-a_2 t} \sin (b_2 t + \varphi)$ zu einer einfachen gedämpften Schwebung für den primären Kreis; für den sekundären Kreis werden die Verhältnisse in Abb. 18 dargestellt. Man erkennt das Auftreten der Maxima in der Umrandungskurve im Abstand einer Schwebungsdauer. Außer den beiden Komponenten des freien Stromes hat aber auch noch der stationäre Endwert $\sqrt{2}\, I_{1b}$ bzw. $\sqrt{2}\, I_{2b}$ einen Einfluß auf den Verlauf des Gesamtstromes. Er überlagert sich der eben ermittelten Schwebung aus den zwei freien gedämpften Schwingungen als dritte ungedämpfte Schwingung von der Frequenz $\omega = 5774$, d. h. mit einer Schwingungsdauer von $1{,}086 \cdot 10^{-3}$ s. In Abb. 19 ist das Ergebnis für den primären Stromkreis gezeichnet, in Abb. 20 der sekundäre Gesamtstrom. Es zeigt sich also, daß nach dem Ankoppeln des sekundären Kreises der Strom im primären Kreis nach einer gewissen Zeit wieder anschwillt, abnimmt, wieder anschwillt usw., bis der Ausgleichzustand verschwunden und nur mehr der stationäre Endwert übrig geblieben ist. Ähnliches gilt für den sekundären Kreis, wobei zu beachten ist, daß infolge der Phasenverschiebung der Anfangsströme die Umrandungskurve ein Maximum aufzuweisen hat, wenn im primären Kreis ein Minimum vorliegt und umgekehrt.

Abb. 20. Gesamtstrom im sekundären Kreis.

Abb. 21. Oszillogramm zu Abb. 19.

Da der Endwert des sekundären Stromes größer ist als derjenige des primären Kreises, so ist natürlich auch sein Einfluß ein größerer als im primären Kreis.

Zusammenfassend kann also gesagt werden, daß eine Verkleinerung der Wirkwiderstände der Übertragungsteile nur bis zu einem gewissen Grade Vorteile bietet, weil die Ausgleichvorgänge um so mehr in Erscheinung treten, d. h. um so langsamer abklingen, je geringer die Wirkwiderstände im Vergleich zu den induktiven Widerständen sind.

Anhang.

Der Verlauf des primären Ausgleichstromes bei gekoppelten Schwingkreisen gemäß Abb. 19 wurde schließlich noch in dem Oszillogramm der Abb. 21 festgehalten. Die Induktivitäten bestanden dabei aus Luftspulen und waren durch Kondensatoren gemäß Abb. 1 mit dem Wechselstromgenerator auf Resonanz abgestimmt. Die Resonanzfrequenz, mit welcher der Generator betrieben wurde, war 1000 Hz. Der sekundäre Kreis konnte durch Schließen mittels eines Schalters an den primären plötzlich angekoppelt werden. Die abklingenden Schwingungen sind in dem Oszillogramm deutlich zu erkennen. Die auf der Abbildung außerdem sichtbare langsame Schwingung ist eine Zeitmarke, wobei die Länge einer Welle 18 ms beträgt.

Literatur.

Kummerer, Gekoppelte Kreise, Telef.-Zg. Bd. 9, S. 63 (1927).

Tätz, Signalübertragung auf fahrende Züge mittels Wechselstrominduktion und Resonanz. Telef.-Zg. Bd. 9, S. 70 (1927).

Arndt, Die selbsttätige Zugbeeinflussung, Siemens-Z. Bd. 8, S. 19 u. 81 (1928).

Kammerer, Resonanzkurven zu den Zugbeeinflussungsystemen mit Wechselstromerregung, ETZ 1927, S. 1555.

Ein benzinelektrischer Eisenbahnwagen.

Während im Auslande der benzinelektrische Antrieb nicht nur im Kraftfahrzeugwesen, sondern auch im Eisenbahnwesen immer weitere Fortschritte macht, geht die Einführung im deutschen Kraftwagenbau nur langsam vor sich.

Abb. 1. Benzinelektrischer Bahnmeisterwagen.

Die Faunwerke, Nürnberg, haben als einzige Vertreterin der Antriebsart mit Radnabenmotor in Deutschland die Möglichkeit zu einer völligen Freiheit des Antriebs von mechanischen Teilen gefunden, während ausländische Konstruktionen, die mit besonders gelagerten Motoren arbeiten, immer noch den mechanischen Hinterachsantrieb brauchen. Die Vorteile des von Faun entwickelten benzinelektrischen Antriebs (Wegfall von Kupplung und Zahnradgetriebe, schaltungsfreies, also auch von Anfahrstößen freies Fahren, gleichmäßiges Durchziehen des Wagens usw.) kommen im Auslande also nur zum Teil zur Geltung.

Die weitere Einführung benzinelektrischer oder neuerdings noch besser dieselelektrischer Eisenbahnfahrzeuge geht nun bei uns auch langsam vor, trotzdem der Antrieb auch hier manche Vorteile hat, u. zw. kleine Verkehrseinheiten, die schnell, billig und oft einen Wagenverkehr da ausführen, wo ein Zugverkehr unrentabel ist. Ein neues Fahrzeug von Faun mit recht beachtlichen Eigenschaften für seinen bestimmten eisenbahnlichen Sonderzweck soll nun kurz beschrieben werden. Abb. 1 gibt Gewichts- und Maßverhältnisse des Bahnmeisterwagens, wie er eisenbahntechnisch trotz seines viel größeren Verwendungszweckes heißt. Der Benzinmotor (Vierzylinder von 50 PS bei 1400 U/min), gekuppelt mit dem Generator Typ G 185/110 (mit 30 kW Dauerleistung), ist auf einer Seite der Plattform, in der Mitte tief nach unten gezogen, angebracht. Der Generator (übrigens mit Nebenschlußeinrichtung versehen, um hierbei 30 min lang 200 A abzugeben) ist selbsttätig regelnd und paßt sich im Verhältnis Stromstärke zu Spannung selbsttätig den jeweiligen Fahrtverhältnissen an. Eine Anschlußmöglichkeit am hinteren Generatorende für Anschluß einer weiteren Dynamo oder einer anderen Maschine ist vorgesehen.

Der von diesem Maschinensatz gelieferte Strom versorgt die als Vorderrad-Radnabenmotoren ausgebildeten Motoren, die den Antrieb leisten. Sie haben eine Dauerleistung von je 20 kW, können aber vorübergehend auf das Doppelte überlastet werden.

Der Aufbau des Antriebsystems erfolgt so, daß die Radnabenmotoren der stärkste, der Generator der schwächere und der Benzinmotor der schwächste Maschinenteil sind, um zu vermeiden, daß irgendwelche Schäden oder Störungen an den elektrischen Maschinen im Betriebe auftreten können. Bei beladenem Fahrzeug übt der Motor 750 kg Zugkraft aus. Die Fahrzeuggeschwindigkeit ist bei 30 km/h begrenzt und wird nur durch Gasgebung geregelt. Größere Gasgabe erhöht die Drehzahl und damit die Spannung. Im gleichen Verhältnis mit der Spannungsteigerung steigt die Fahrgeschwindigkeit. Ein Fahrschalter zwischen Dynamo und Radnabenmotoren hat eine Serien- und eine Parallelschaltung für Vorwärts- und Rückwärtsfahrt. Normal wird nur mit Stellung „Parallel" gefahren. Die Stellung „Serie" kann nur bei Verschubarbeiten in Frage kommen. Diese sind sehr gut ausführbar, weil das Fahrzeug ja ein Gesamtgewicht von 75 t vorwärts verschieben kann.

Elektrische Beleuchtung und Zugsicherung sind selbstverständlich eingebaut. Boschanlasser und eine kleine Lichtmaschine sind ebenso wie eine 12 V-Batterie vorgesehen. An der Vorderseite der Plattform sind außer den Sicherungskästen noch Anschlußmöglichkeiten zur Entnahme elektrischen Stromes für irgendwelche Verwendungszwecke angebracht (Abb. 2).

Über dem tiefliegenden Motor ist eine Plattform aufgebaut, die mit einem starken Geländer bzw. Schutzwänden versehen ist. Sie läuft rechts und links neben dem in Fahrtrichtung umlegbaren Führersitz durch, um auch den Transport langer Gegenstände in gewissen Grenzen zu ermöglichen. Die Bedienungsorgane sind so eingerichtet und z. T. auf einer Schalttafel so montiert, daß der Führer sie aus beiden Sitzrichtungen heraus bedienen bzw. beobachten kann. Dieser umlegbare Sitz war nötig, um dem Führer die Sicht nach Fahrtrichtung zu geben.

Abb. 2. Vorderansicht des Fahrzeuges.

Die Räder haben einen Laufkreisdurchmesser von 720 mm. Das Fahrzeug bietet bei seinem verhältnismäßig einfachen Aufbau eine ganze Reihe guter Verwendungsmöglichkeiten. Dr.-Ing. L. Betz.

RUNDSCHAU.

Beleuchtung.

Neue Industrie-Leuchtentypen. — Aus den Bedürfnissen der Textilindustrie heraus entstand eine neue Leuchtenart, die Langfeldleuchte. Sie hat die Aufgabe, langgestreckte schmale Arbeitsfelder, z. B. bei Cottonmaschinen u. dgl., gleichmäßig auszuleuchten. Im Gegensatz zu normalen Tiefstrahlern mit rundem Reflektor erzeugt die Langfeldleuchte (Abb. 1) ein längliches Lichtfeld. Der Reflektor hat die Form einer Mulde mit ovaler Lichtaustrittsöffnung. Dabei ist die Neigung der in der Längsrichtung reflektierenden Reflektorteile so gewählt, daß die dort spiegelnd reflektierten Strahlen mit der Senkrechten einen Winkel von etwa 60° einschließen. Durch diese Breitstrahlwirkung wird eine gute Gleichmäßigkeit der Beleuchtung erzielt. Für solche Fälle, wo außer einer langgestreckten Arbeitsfläche auch Maschinenaufbauten u. dgl. mitbeleuchtet werden sollen, ist eine Langfeldleuchte für dreiseitige Ausstrahlung durchgebildet worden (Abb. 2). Bei dieser Ausführung ist die dem Auge abgekehrte Reflektorwandung mit einem Ausschnitt versehen.

Abb. 1. Langfeldleuchte, dient zur Beleuchtung schmaler langgestreckter Arbeitsfelder, insbesondere in der Textilindustrie.

Abb. 2. Langfeldleuchte für dreiseitige Ausstrahlung (die abgekehrte Reflektorwandung ist mit einem Ausschnitt versehen).

Abb. 3. Werkplatzleuchte. Der Reflektorunterteil läßt sich auf dem kalottenförmigen Oberteil nach Wunsch verschieben.

Eine allseitige Verstellbarkeit des Lichtkegels wird mit einfachsten Mitteln bei einer neuen Werkplatzleuchte mit zweiteiligem Reflektor erreicht (Abb. 3). Der Oberteil besteht aus einem die Fassung aufnehmenden Dom, an den sich eine Kugelkalotte anschließt. Auf dieser Kalotte liegt der Unterteil auf und hält sich in jeder Lage durch sein eigenes Gewicht fest. In besonders erschütterungsreichen Betrieben kann eine einfache Festhaltevorrichtung für den Unterteil nachträglich angebracht werden. In Verbindung mit solchen zweiteiligen Reflektoren wird vielfach ein doppelt schwenkbarer Arm mit großer Ausladung (1,30 m) verwendet (Abb. 4), durch den die Zuleitungsschnur mit Reibung hindurchgezogen werden kann. Die Höhe des Reflektors ist auf diese Weise einstellbar.

Abb. 4. Schwenkleuchter, eine neue, allseitig bewegliche Werkplatzleuchte mit großer Ausladung.

Die abgebildeten Leuchten sind Erzeugnisse der Firma Körting & Mathiesen AG., Leipzig-Leutzsch.

E. We.

Heizung. Öfen.

Warmwasser-Radiator mit elektrischer Heizung. — Man hat sich bei der elektrischen Raumheizung (Übergangs- oder Zusatzheizung) bisher in erster Linie der Strahlsonnen und -kamine bedient, die eine mehr oder minder örtliche Erwärmung des Raumes bewirken. Um die Vorteile der bekannten Warmwasserheizung (geringe Oberflächentemperatur bei großer Wärmeabgabefläche) mit denen der elektrischen Heizung zu verbinden, ist vor kurzem auf dem Markt ein elektrisch beheizter Warmwasser-Radiator der Firma Preuße, Cramme, Dr.-Ing. Dietzmann & Co., Berlin, erschienen. An einem normalen Radiator ist hier ein nach dem Durchlaufprinzip arbeitender Heizapparat angebracht (Abb. 5). Der Radiator wird vor Inbetriebnahme eimal mit Wasser gefüllt (gegebenenfalls unter Zusatz eines Frostschutzmittels), das bei der Beheizung in natürlichem Umlauf Heizkörper und Radiator durchströmt. Das Gerät wird in fünf Größen mit 500, 750, 1000, 1500 bzw. 2000 W Anschlußwert geliefert, die für Dauerheizung von 15, 22, 30, 45 bis 60 m³ Raum genügen sollen, wenn bei einer Außentempe-

1 Wasserfüllventil
2 Ausdehnungsgefäß
3 höchster Wasserstand
4 Steigerohr
5 Gerätesteckdose
6 Tauchheizkörper
7 Entlüftungsventil

Abb. 5. Warmwasser-Radiator mit angebautem elektrischem Heizkörper.

ratur von — 20 ° C eine Raumtemperatur von + 20 ° C erreicht werden soll.

Beachtenswert sind Versuche, die mit diesen Heizkörpern von den Städtischen Elektrizitätswerken Leipzig angestellt worden sind, und deren Ergebnisse Abb. 6 darstellt. Nach diesen Versuchen ist z. B. für ein Badezimmer von 18 m³ Rauminhalt mit 500 W Heizleistung auszukommen. Mit einer etwa einstündigen Anheizzeit und einhalbstündiger Ladezeit ergibt sich ein

a für Räume mit Wärmeverlusten nach allen Seiten
b für Räume mit Wärmeverlusten nur nach der Außenwandseite

Abb. 6. Abhängigkeit des Wärmebedarfs der Räume verschiedener Abkühlung von der Übertemperatur.

Stromverbrauch von ¾ kWh, der bei den heute meist vorhandenen Haushalttarifen (10 Pf/kWh) den Heizkörper für derartige Zwecke wohl geeignet und auch wirtschaftlich tragbar erscheinen läßt. *Mö.*

Das Schweißen von Nichteisen-Metallen. — Einen Sprechabend über Schweißen von Nichteisen-Metallen hatten der Fachausschuß für Schweißtechnik beim VDI gemeinsam mit der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde am 21. V. d. J. in Berlin veranstaltet. Der Stand dieser Technik ist noch nicht hinreichend in der Öffentlichkeit bekannt und sie selbst, wie Vorträge und Aussprache erkennen ließen, noch vielfach entwicklungsbedürftig. Insbesondere ist die Anwendung elektrischer Schweißverfahren erst in den Anfängen. So erwähnte W e e s e in seinem Vortrage „Praxis der Kupferschweißung" Versuche mit elektrischer Gleichstromschweißung an der T. H. Hannover, die für die Festigkeit der Schweißnaht gute, aber für die Dehnung unzulängliche Ergebnisse brachten. Gleichwohl dürften weitere Forschungen bei Kupfer die Einführung der elektrischen Schweißung in die Praxis ermöglichen. Die Elektroden seien zu verbessern, um den Sauerstoff fernzuhalten. Hierzu seien richtige Legierung des Schweißdrahts und richtige Zusammensetzung der Überzugmasse erforderlich. Versuche mit der Arcatom-Schweißung führten zum gleichen Ergebnis. Beim Schweißen von Nickel hat sich nach den Ausführungen von C a n z l e r die Autogenschweißung mit guten Schweißern bewährt. Versuche mit der Arcatom-Schweißung haben in Hinblick auf die Festigkeit der Schweißnaht noch nicht befriedigt. Monelmetall läßt sich mit Zusatzdraht aus Monelmetall autogen schweißen. Hier läßt sich auch die Arcatom-(Langmuir-)Schweißung und das Arcogen-Verfahren (Griesogen) vorteilhaft verwenden. Bei Neusilber hat sich die Hammer- oder Preßschweißung bewährt, wo die Stoffe nur erweicht und zusammengedrückt werden. Die richtige Temperatur ist sehr wichtig. Gezeigt wurde im Bilde die Hammerschweißung von Reinnickel auf erhitztem Amboß. Schwefel im Reinnickel kann unangenehm werden. Ein Gehalt über 8 ‰ macht bereits große Schwierigkeiten beim Schweißen. R o h n wies darauf hin, daß hochhitzebeständige Chromlegierungen heute auch geschweißt werden können. Solche Arbeiten werden erforderlich bei Anschlüssen von dünnen Heizdrähten an stärkere Teile. Drähte mit 15 % Chrom und 7 % Molybdän sind auch geschweißt worden. Angewandt wird die Azetylenschweißung mit guter Zusammensetzung der Brenngase. Wesentlich ist die Verwendung guter Schweißpaste. Die Biegungsprobe befriedigt noch nicht vollends. Zum Schweißen von Aluminium führte B u c h h o l z aus, daß Reinaluminium leicht und gut schweißbar ist. Bei den Aluminiumgußlegierungen ist Einhaltung einer bestimmten Schweißtemperatur wegen der Umwandlungstemperatur sehr wichtig. Am schwersten ist heute noch das Schweißen von veredelbaren Walzlegierungen, da ihre Güteeigenschaften schon beim Überschreiten verhältnismäßig niedriger Temperaturen verloren gehen. Hier müssen noch bessere Legierungen geschaffen werden, welche die Schweißtemperatur aushalten. In der Aussprache wurde mitgeteilt, daß es gelungen sei, mit dem Langmuir-Verfahren veredelbare Walzlegierungen zu schweißen. In Amerika soll die reine Lichtbogenschweißung von Aluminium mit gutem Erfolg in Anwendung sein. Mit der Stumpfschweißung ist es der AEG gelungen, Kupfer und Aluminium zusammenzuschweißen. *Pge.*

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

Das schweizerische Wasserkraftwerk Champsec. — Wiederum ist in der Schweiz ein neues Kraftwerk in Betrieb genommen worden, das Champsecwerk der „Energie de l'Ouest Suisse" in Wallis. Diese Anlage nutzt das 550 m-Gefälle der Drance im Val de Bagnes zwischen Fionnay und Champsec, südöstlich von Martigny, aus. Eine 1250 m lange, elektrisch geschweißte Druckrohrleitung speist 3, später 4 Maschinensätze, bestehend aus je 1 Pelton-Turbine, Bauart Charmilles-Genf, die unmittelbar mit einem Oerlikon-Drehstromgenerator für 4500 kVA, 10 kV, 50 Hz, 750 U/min gekuppelt ist. Die Generatoren zeigen als Besonderheit die rechnerisch und baulich leicht zu übersehende Polbefestigung durch sog. Rundlochklauen (Abb. 7). Der Ständer mußte wegen der Transportverhältnisse im engen Hochalpental in 4 Teile zerlegt werden. Die von einem fliegend angebauten Erreger gespeiste Feldwicklung wird durch einen selbsttätigen Entregerschalter überwacht.

P Polkörper. *K* Keile. *R* Rotorkörper.

Abb. 7. Polbefestigung durch Oerlikon-Rundklaue.

Die Generatoren sind lediglich durch Überstromrelais geschützt, die auf der Hochspannungseite des jedem Generator zugeordneten Transformators für 10/64 kV unmittelbar auf den Ölschalter-Durchführungen aufgebaut sind. Da die Synchronisierung auf der 10 kV-Seite erfolgt, konnten auf der 64 kV-Seite Strom- und Spannungsmeßwandler entbehrt werden. Sämtliche Ölschalter sind mit elektrischer Fernsteuerung durch Gleichstrom-Hilfsmotoren ausgerüstet. Die Überstromrelais auf den 10 kV- und 64 kV-Ölschaltern bewirken die Auslösung des entsprechenden Entregerschalters, der seinerseits den Stromkreis für die Auslösespulen der betreffenden Ölschalter schließt. Mit Rücksicht auf die scharfen Prüfbestimmungen für Generatoren und Transformatoren und die ausreichende Bedienung der Anlage wurde von weiteren Schutzvorrichtungen abgesehen. Nur eine Löschspule am Nullpunkt des 64 kV-Netzanschlusses wurde eingebaut. Abgesehen vom 10 kV-Ortsnetz, dessen Spannung durch einen Drehregler ausgeglichen werden kann, wird die ganze Energie mit 64 kV über einen einzigen Leitungsstrang in Richtung Sembrancher übertragen. (Bull. Oerlikon 1931, S. 605.) *Mal.*

Bahnen und Fahrzeuge.

Der Stand der Elektrisierung bei den russischen Eisenbahnen. — Einen lehrreichen Einblick in die Tätigkeit der russischen Staatsbetriebe gewährt der Bericht einer Untersuchungskommission, welche die bisherigen Arbeiten auf dem Gebiet der Bahnelektrisierung einer Nachprüfung unterzogen und ihre Tätigkeit dabei auf alle dafür in Betracht kommenden Stellen der Verkehrs- und Industrieverwaltung ausgedehnt hat. Sie sind besonders bemerkenswert im Hinblick auf die in letzter Zeit in Deutschland laut gewordenen Befürchtungen wegen eines zukünftigen russischen Wettbewerbs und zeigen, daß alles nicht so heiß gegessen wie gekocht wird.

Bekanntlich hatte bereits vor 10 Jahren — auf Drängen L e n i n s — die elektrotechnische Abteilung der Staatsplankommission einen Plan über eine Teilelektrisierung des Verkehrs ausgearbeitet, nach dem 3860 km Eisenbahnlinien für elektrischen Betrieb vorgesehen waren. Im Laufe der Jahre tauchte in der Presse ab und zu dieser Plan mit noch weitergehenden Forderungen auf, und es schien, als ob diese Pläne in die Wirklichkeit übertragen werden sollten. Und das Ergebnis heute? An Stelle der 3860 km sind nur etwa 100 km Vorortstrecken elektrisiert und in Betrieb genommen worden, also etwa 2.5 % des ursprünglichen Planes, die obendrein noch ein Schmerzens-

kind des Verkehrs sind, mit den ständigen Beschädigungen der Motoren und elektrischen Ausrüstung, mit ihrem unorganisierten und unwirtschaftlichen Betrieb. Unter diesen Umständen wird es für die russische Verkehrsverwaltung immerhin schwierig sein, den Leitspruch des Fünfjahresplanes: „dognatj i peregnatj", d. h. die ausländischen Verkehrszahlen nicht nur zu erreichen, sondern zu übertreffen, in die Wirklichkeit umzusetzen, wenn sie u. a. den über 24 000 km elektrisierter Linien der Welt nur 100 km gegenüberstellen kann.

Als eine Hauptursache dieses Zurückbleibens bezeichnet die Kommission die sog. „Schädlingswirtschaft" seitens früherer leitender Angestellten der Elektrisierungsabteilung in der Zentral-Verkehrsverwaltung. Sabotageakte sollen vorgekommen sein, aber ob in solchem Maße, ist schwer zu glauben. Die wirklichen Hauptgründe für das Mißlingen liegen — soweit die Verkehrsverwaltung beteiligt ist — auf ganz anderen Gebieten, z. B. in dem technischen Konservatismus des Verkehrsapparates, ferner in dem traditionellen Widerstand der Angestellten und Arbeiter gegen grundsätzliche Neuerungen im Verkehrswesen, zumal dort, wo die Regierung auf ein bisher ungewohntes beschleunigtes Tempo der Arbeitsausführung drängte, u. a. m.

Um deshalb wenigstens einigermaßen einige Erfolge in der Elektrisierung am Ende des Fünfjahresplanes aufzuweisen, hat die Zentral-Verkehrsverwaltung kürzlich angeordnet, daß in den kommenden 3 Jahren 3400 km elektrisiert werden, von denen Ende 1933 etwa 1700 km dem Betrieb übergeben sein sollen; die Hauptarbeit in der Elektrisierung der Eisenbahnen wird in den zweiten Fünfjahresplan 1933/38 fallen, für den etwa 10 000 km vorgesehen sind. Die notwendigen Triebfahrzeuge sollen die dem Obersten Volkswirtschaftsrat unterstellten Industrietrusts (Lokomotiv- und Wagenbauanstalten) liefern. Während ursprünglich das Übereinkommen zwischen Verkehrsverwaltung und Oberstem Volkswirtschaftsrat vorsah, daß der letztere i. J. 1932 80, 1933 169 Elektrolokomotiven abliefern sollte, erklärte plötzlich der Lok.- und Wagenbautrust, daß erst 1934 nur 3 Stück geliefert werden könnten. Durch diese verspätete Anlieferung ist die Verkehrsverwaltung gezwungen, die für die Elektrisierung der Lunjewka-Linie (Permer Bahn) für 1931 bewilligten Mittel im Betrage von 3 Mill Rubel zurückzuziehen und die Eröffnung des elektrischen Betriebes dort hinauszuschieben.

Nicht minder ungünstig liegen die Verhältnisse in der Anlieferung von elektrischen Triebwagen und deren Anhängern. Den von der Verkehrsverwaltung benötigten Bedarf von 202 Triebwagen und 404 Anhängern für 1933 kann der für die Lieferung in Betracht kommende Industrietrust nur zu 30% befriedigen, wodurch die im Fünfjahresplan vorgesehene Inbetriebnahme der Moskau-Nischegorodsker und der Leningrad-Oranienbaumer Vorortstrecken unmöglich gemacht wird. Die wichtigste elektrotechnische Fabrik Sowjetrußlands — „Dynamo" — ist so überlastet durch den Bau elektrischer Kranausrüstungen für die Schwerindustrie, daß ihr die rechtzeitige Ablieferung bereits bestellter Teile unmöglich ist. So z. B. warten 40 Triebwagen, die im Sommer 1931 von dem Werk Mytischti zur Ablieferung kommen sollen, bereits 6 Monate auf die Anlieferung der Motoren und elektrischer Ausrüstung seitens dieser Fabrik; weiter wird durch die Überlastung des genannten Werkes die Eröffnung der elektrisierten Steilrampe am Suramsker Paß (Strecke Tiflis—Batum) verzögert. Die Folge ist, daß der Elektrisierungsplan, der ungefähr 10 Strecken vorgesehen hatte, nur für folgende Linien zur Ausführung kommen wird:

1. Im Leningrader Vorortverkehr auf der Oranienbaumer Strecke,
2. im Vorortverkehr auf der Nordbahn (Strecke Moskau—Sofrino),
3. im Vorortverkehr auf der Moskau—Kasaner-Bahn (Strecke Moskau—Ramenskoje),
4. im Bäderverkehr auf der Mineralowodsker Strecke (Nordkaukasische Bahnen),
5. im Durchgangsverkehr Baku—Tiflis—Batum auf der Steilrampe des Suramsker Passes (Südkaukasische Bahnen),
6. auf der Lunjewka-Linie (Permer Bahn).

Entscheidend für die Weiterentwicklung im Bau des elektrischen Teils für Eisenbahnfahrzeuge in Rußland sind die bisherigen Leistungen der in Frage kommenden Industriezweige auf diesem Gebiet. Es hat sich herausgestellt, daß die beiden in Betracht kommenden Werke „Dynamo" und das bei Moskau gelegene Mytischter Werk (Wagenbauanstalt) keinesfalls in ihren bisherigen Konstruktionen eine glückliche Hand gehabt haben, besonders „Dynamo". Bekanntlich war von diesem Werk nach ausländischen Entwürfen der erste russische Antriebsmotor — Type DP 150 — für die Moskauer Vorortstrecken der Nordbahn gebaut worden, obwohl die damaligen maßgebenden russischen Ingenieure die Ausarbeitung u n d Bau des Motors durch das Ausland befürwortet hatten. Schon nach 17 Monaten waren von 89 Motoren, die von „Dynamo" an die Nordbahn geliefert worden waren, bereits 69 durch neue ersetzt, davon 24 durch Brand vollkommen zerstört worden, und das schon nach einigen Betriebskilometern. Im Sommer arbeiteten die Maschinen befriedigend, bei Frost versagten sie, so daß im vergangenen Winter von den acht Triebwagenzügen nur e i n e r im Betrieb war. Die von russischer Seite ausgesprochene Behauptung, daß dieser Entwurf ein Fehlentwurf gewesen sei, indem die durch die ausländische Firma gebauten Motoren ebenfalls alle verbrannt seien, kann nicht nachgeprüft werden. Jedenfalls ist erwiesen, daß die Fabrikation dieser Motoren bei „Dynamo" sehr mangelhaft gewesen ist, indem z. B. als Isolation „russisches" Baumwollband und erst nach den Beschädigungen Glimmer verwendet wurde. Ebenso wurden die Lüftungskanäle nicht nach dem ausländischen Entwurf angeordnet. Daneben traten noch andere Fehler auf: ungewöhnlich schnelle Abnutzung des Zahnradgetriebes und der Kugellager, Bruch der Wellenenden u. a. m. Trotzdem nun Zeit genug gewesen wäre, während des Frühjahrs, Sommers und Herbstes den Motor umzukonstruieren, ist von seiten „Dynamos" nichts geschehen, was das Wiederauftreten der gleichen Beschädigungen an den elektrischen Ausrüstungen in diesem Winter verhindert hätte. Bis heute hat das Elektrisierungsbüro der Nordbahn noch nicht die längst versprochenen Entwurfszeichnungen für den neukonstruierten Fahrmotor. Ein schwacher Trost bleibt es, daß auch die aus dem Ausland gelieferten Teile der elektrischen und maschinellen Ausrüstungen nicht befriedigt haben; so z. B. verbrannte die Mehrzahl der von einer englischen Firma gelieferten Relais, bei den von anderer Seite gelieferten Zahnradgetrieben war die Abnutzung sehr groß, die Zähne brachen zum größten Teil aus, u. a. m. Die gleichen ungünstigen Produktionsverhältnisse wie im Werk „Dynamo", einem der besten des Elektrotrustes, herrschen im Werk von Mytischti, das den mechanischen Teil der Vororttriebwagen liefert. Das liegt zum großen Teil an dem steten Wechsel der technischen Angestellten und Arbeiter, was daraus ersichtlich ist, daß im letzten Jahre (1930) ein dreimaliger Wechsel des technischen Direktors stattgefunden hat! Aus allen diesen Gründen kann man erkennen, in welcher kritischen Lage sich der elektrisierte Vorortverkehr der Nordbahn während des seit 17 Monaten eingeführten Betriebes befunden hat. Die Untersuchungen der Kommission haben aber ergeben, daß die Art und Weise, mit der die Frage der Elektrisierung in der Verkehrsverwaltung behandelt wird, nicht die richtige ist, wofür als Beweis die Bestellung der Lokomotiven für die Steilrampe am Suramsker Paß gelten kann. 22 Instanzen prüften von März bis November die Pläne der in Amerika bei General Electric Co. zu bestellenden Lokomotiven, und die Folge davon war, daß die Eröffnung dieser Strecke um ein Jahr verschoben werden mußte, daß die mit einem Kostenaufwand von 7 Mill Rubel errichteten Streckenbauten und das für die Stromlieferung neu erstellte Wasserkraftwerk am Rion für ein Jahr unausgenutzt bleiben werden. Ungünstig auf die Tätigkeit der Elektrisierungs-Abteilung bei der Nordbahn wirkt auch die mangelhafte maschinelle Ausrüstung der Betriebswerke, was man daraus erkennen kann, daß für die Vororttriebwagen z. B. die Bremsuntersuchungen und -prüfungen mit unzulänglichen Mitteln, ohne Prüfstand, durchgeführt werden, daß bei Kerzenlicht gearbeitet wird u. a. m.

Soweit der Bericht. Man kann es begreifen, daß der Verkehrsverwaltung Fehler und Mängel bei der Einrichtung des elektrisierten Betriebes unterlaufen, wie es bei jeder Neuorganisation vorkommen kann. Aber in solchen Fällen, wie den oben geschilderten, muß die Regierung, als entscheidende Instanz, schon schärfer zugreifen, um die Elektrisierung des Verkehrswesens in geordnete Bahnen zu leiten, sonst bleibt diese nur Stückwerk, trotz der hohen Zahlen des Fünfjahresplanes, trotz der angeblich fortschreitenden Besserung der Arbeitsdisziplin, trotz aller gefaßten Entschließungen. (Transport i Chostjaistwo 1930, H. 12.) *Rkl.*

Hochspannungstechnik.

Das neue Hochleistungs-Prüffeld der Firma A. Reyrolle in England. — Im Laufe des vergangenen Jahres ist in England ein Hochleistungs-Prüffeld entstanden, das besondere Beachtung verdient. Das Prüffeld dient Studien- und Prüfzwecken für den Bau neuzeitlicher Ölschalter in

England. Drei Größen sind es, welche für die Konstruktion eines Ölschalters von ausschlaggebender Bedeutung sind: Nennspannung, Nennstrom und Nenn-Abschaltleistung. Die Bestimmung der Nenn-Abschaltleistung war bisher nur auf rechnerischem Wege möglich. Nach Fertigstellung des neuen Hochleistungs-Prüffeldes ist es möglich, die Abschaltleistung eines jeden Ölschalters einwandfrei zu bestimmen und wissenschaftliche Studien der Ölschaltervorgänge vorzunehmen.

1	Büro	9	Transform.	18	Haus-Transform.
2	Dunkelkammer	10	Hauptschalter	19	Ventilatorenanlage
3	Oszillogr.- und Kommandoraum	11	Maschinenraum	20	Niedersp.-Verteilung
4	Beobachtungstand	12	Kabelgraben	21	Löscheinrichtung
5	Erdungsrohre	13	Kondensatoren	22	Niedersp.-Transform.
6	Nullpunkt	14	Erdungswiderst.	23	Generator
7	Prüfstand	15	Reaktanzen	24	Ölkühler
8	Widerstände, Reaktanzen	16	Widerstände	25	Einphasen-Transform.
		17	6,6 kV-Verteilung	26	Ölkonservator

Abb. 8. Grundriß der ganzen Prüffeldanlage und des Maschinenhauses.

Der Beobachtungstand und das Schalthaus wurden vom Maschinenhaus und dem Versuchstand vollkommen getrennt; die Entfernung beträgt 45 m. Von dem Beobachtungstand des Schalthauses aus kann man durch Schlitze in der Betonwand den Versuchstand, der aus stahlbewehrtem Beton ausgeführt ist, einwandfrei beobachten. Die gesamte Maschinenanlage wird vom Schalthaus aus bedient, so daß das Maschinenhaus während der Prüfung von Personen nicht betreten zu werden braucht. Die Sicherheit des Bedienenden und des Beobachters wird durch ein Verriegelungssystem in doppelter Weise gewährleistet. Die Erregung des Generators vom Schalthaus aus ist erst nach Schließung der Türen des Maschinenhauses möglich. Abb. 8 zeigt den Grundriß der Gesamtanlage mit Gleisanschluß.

Sämtliche Ölschalter und Sammelschienen des Maschinenhauses sind in gekapselter Bauweise ausgeführt, um einen sicheren Schutz gegen Feuer und elektromechanische Zerstörung zu erzielen. Der Generator ist mit Merz-Price-Schutz ausgerüstet, der auf den Schalter des Erregerstromkreises und den Hauptschalter des Antriebsmotors arbeitet. Bei etwaigem Kurzschluß zwischen Prüfobjekt und Maschine wird der Schutz des Generators während der Anlauf- und Erregerzeit durch Überstrom-Zeit-Relais gewährleistet. Um den Antriebsmotor und das speisende Netz vor den Rückwirkungen der Kurzschlüsse zu bewahren, wird das 5500 V-Speisenetz selbsttätig von der Prüfanlage getrennt, kurz bevor der Kurzschluß durch Einschalten des Hauptschalters eingeleitet wird. Die Schaltanordnung ist derart gewählt, daß der Versuchsstromkreis erst nach Ausschaltung des Motorschalters geschlossen werden kann. Umgekehrt wird, sobald der Versuchstromkreis unterbrochen wird, der Motorschalter wieder selbsttätig eingelegt, so daß der Generator schnell wieder seine Normaldrehzahl erreicht und für den nächsten Versuch bereit ist.

Da das Prüffeld entworfen wurde, um Apparate auch bis zur Zerstörung prüfen zu können, mußte mit der Möglichkeit des Ausbruchs von Feuer gerechnet werden. Der Prüfstand besitzt daher eine Kohlensäure-Löscheinrichtung, die gestattet, den Boden in 30 s mit Kohlensäureschaum zu überfluten. Die Auslösung der Kohlensäurelöschung kann entweder durch elektrische Fernsteuerung vom Schalthaus aus, durch mechanische Fernbetätigung vom Maschinenhaus aus oder durch direkte Handbetätigung erfolgen. Die Wirksamkeit der Kohlensäure-Löscheinrichtung wurde durch größere Versuche eingehend geprüft.

Besondere Aufmerksamkeit wurde der Lagerung und der Ölschmierung des Generators gewidmet. Da das Prüffeld keinem Dauerbetrieb unterworfen ist, sondern längerer Stillstand und kurzzeitiger Betrieb miteinander abwechseln, sind Heiz- und Kühleinrichtungen für den Ölumlauf der Lager vorgesehen. Als Reserve für die vorhandene Elektroölpumpe ist eine Reservepumpe mit Benzinantrieb vorhanden. Jedes Hauptlager ist mit einer Bimetallspirale eines Thermostaten ausgerüstet, der ein Licht- und ein akustisches Signal im Schalthaus betätigt. Jede Stockung der Ölzufuhr wird selbsttätig im Schalthaus angezeigt. Um nach längerem Stillstand des Generators eine leichte Inbetriebnahme zu ermöglichen, ist eine Handpumpe vorgesehen, die vor dem Einschalten des Antriebsmotors eine Ölschicht zwischen Welle und Lager der Maschine mit rd. 70 at drückt, so daß der Rotor ohne allzu hohen Anlaufstrom auf seine Normaldrehzahl gebracht werden kann. Es wurde hierdurch die Anschaffung eines besonderen Antriebmotors mit Übersetzungsgetriebe gespart.

Das Hauptproblem bei dem Bau dieses Prüffeldes war eine solche Unterbringung der Meßinstrumente, daß jede Beeinflussung der Meßstromkreise durch die Hauptstromkreise vermieden war. Dazu wurden sämtliche Meß- und Steuerleitungen sowie alle Instrumente und der Oszillograph in dem entfernt gelegenen Schalthaus untergebracht. Der Oszillograph besitzt 3 Aufnahmekameras, von denen jede mit einer vollständigen optischen Ausrüstung versehen ist. Damit können zugleich 9 Oszillogramme aufgenommen werden. Außerdem können weitere Meßgrößen auf dem Aufnahmefilm mechanisch registriert werden. Die Abwicklung der Versuche und die Registrierung der elektrischn und mechanischen Werte geschieht in der gewünschten Reihenfolge

Abb. 9. Oszillographen- und Kommandoraum.

vollkommen selbsttätig. Hierfür ist ein Pendel vorgesehen, das im Hintergrund der Abb. 9, die den Oszillographen- und Kommandoraum darstellt, ersichtlich ist.

Der Maschinensatz, Abb. 10, besteht aus einem Dreiphasengenerator mit direkt gekuppelter Erregermaschine und zugehörigem Antriebsmotor, 2400 U/min, der direkt vom 5500 V-Netz gespeist wird. Die maximale Kurzschlußleistung des Generators beträgt 1 500 000 kVA. Der Generator ist umschaltbar auf 4 verschiedene Spannungen: 22 000, 12 700, 11 000 und 6350 V; er besitzt äußerst geringe Reaktanz und große Trägheit. Rotor- und Statorwindungen sind mit Mikanit isoliert und äußerst kräftig gehalten. Die Spulenköpfe besitzen starke Absteifungen zur Aufnahme der Kurzschlußkräfte. Für die Belüftung des Generators ist ein besonderer Ventilator vorgesehen. Das Volumen der Luftkanäle ist geringer als bei normalen Turbomaschinen. Der hierdurch gewonnene Raum wurde zur Vermehrung des effektiven Leitungsmaterials benutzt. Um die Ölschalter mit ihrer normalen Betriebspannung prüfen zu können, ist ein Transformatorensatz, bestehend aus 3 Einphaseneinheiten, vorhanden, der gestattet, jede gewünschte Spannung bis zu 132 000 V zu erzielen. Die Transformatoren sind Manteltransformatoren mit äußerst geringer Reaktanz. Die Stromleitung vom Generator zum Prüfobjekt ist (vgl. Abb. 8) in gerader Linie ausgeführt, um die Reaktanz des Versuchstromkreises auf ein Minimum zu beschränken. Abweichungen von dieser geradlinigen Stromführung werden nur vorgenommen, wenn durch die im Nebenraum vorhandenen Reaktanzen und Widerstände ein bestimmter Leistungsfaktor des Versuchstromkreises eingestellt oder die Schaltleistung begrenzt werden soll. Der Querschnitt der Stromzuführungschienen beträgt rd. 2000 mm² und ist für eine Strombelastung von 300 000 A bei einer Zeitdauer von 1 s bemessen. Zwischen dem Hauptschalter und dem Prüfstand ist außerdem noch ein Raum zur Aufstellung eines Hochstrom-Transformators vorgesehen, der gestattet, die elektrodynamischen und magnetischen Wirkungen der Kurzschlüsse an Ölschaltern zu untersuchen.

Abb. 10. Prüfmaschinensatz.

Das Prüffeld erlaubt infolge seiner Kurzschlußleistung von 1 500 000 kVA, Ölschalter der größten Abschaltleistungen einwandfrei zu prüfen. (H. W. Clothier, El. Review, London, Bd. 106, S. 996.) Brinkmann.

Verschiedenes.

Normen für die Prüfung von Drahtseilen. — Der Deutsche Verband für die Materialprüfungen der Technik hat die Normen

DIN DVM 1201 — Drahtseile, Richtlinien für Prüfverfahren

und DIN DVM 1211 — Prüfung von Drähten, Hin- und Herbiegeversuch

aufgestellt. In den Normblättern sind die Vorschriften für die Prüfung der Seile im ganzen Strang und der Seildrähte sowie die einheitliche Apparatur und Bedienungsweise des Hin- und Herbiegeversuches niedergelegt. Die Blätter sind erhältlich durch den Beuth-Verlag, Berlin S 14.

Energiewirtschaft.

Aus der deutschen Elektrizitätswirtschaft[1]. — Der Anschlußwert ist 1930/31 bei der Badischen Landeselektrizitätsversorgung AG. (Badenwerk), Karlsruhe, von 154 846 auf 175 529 kW gestiegen. Am Schluß ihres 10. Geschäftsjahres versorgte die Gesellschaft 85 600 Haushaltungen, d. s. 88 % der in den im Kleinverkauf belieferten Gemeinden vorhandenen. Der gesamte nutzbare Absatz ist von 241,587 auf 320,034 Mill kWh gestiegen; davon entfielen 308,590 auf den Großverbrauch (231,272 i. V.) und 11,444 Mill kWh auf den Konsum für Licht und Haushaltzwecke (10,315 i. V.). Die Zunahme der Lieferung um 32,5 % war eine Folge außergewöhnlich günstiger, den Mittelwert um 38 % übersteigender Wasserzuflüsse zu den eigenen Kraftwerken, während die Verschlechterung der Wirtschaftslage den Absatz an die industriellen Großabnehmer im eigenen Versorgungsgebiet um 8 % und den Verkauf an die regelmäßig zu beliefernden Wiederverkäufer um 5,5 % verringert hat. Die gegen Ende der Berichtszeit in Kraft gesetzte Ermäßigung der Strompreise wird sich im neuen Geschäftsjahr voll auswirken. Der in Gernsbach unternommene Versuch, auf dem Lande an Stelle von Gas den Elektroherd einzuführen, hat trotz der ungünstigen Zeit insofern schon Erfolg gehabt, als bereits in mehr als einem Viertel aller Haushaltungen solche Herde aufgestellt worden sind. Ebenso nimmt in Gemeinden des übrigen Versorgungsgebiets die Verwendung der Elektrowärme in der Küche, u. zw. auch in Großküchen, erfreulich zu. Der Durchschnittsverkaufspreis ist bei den Kleinabnehmern von 30,31 auf 29,96 Pf/kWh gesunken. Die Speicherpumpenanlage des Murg-Schwarzenbachwerks wurde um 13 000 kW Antriebsleistung, das 100 kV-Netz durch den Anschluß des Kraftwerks Ryburg-Schwörstadt mittels einer von Laufenburg nach Schwörstadt führenden Leitung und durch eine solche zu den Kraftwerken der Schluchseewerk AG. erweitert. Auch hat die Gesellschaft eine Verbindung mit dem Elektrizitätswerk Straßburg über das Schalthaus Offenburg hergestellt. Durch ihr Netz ist nunmehr der Zusammenschluß aller bedeutenden Elektrizitätswerke in Baden und die Verbindung mit den Werken der benachbarten Länder geschaffen. Die Kraftwerke Häusern und Eichholz der Schluchseewerk AG. sind inzwischen soweit betriebsfertig geworden, daß sie über ein Drittel der schließlichen Gesamtarbeit der Anlage zu leisten vermögen. Nach Vollendung des Kraftwerks Ryburg-Schwörstadt steht nunmehr jedem der vier Beteiligten ein Maschinensatz zur Verfügung. Am AK. von 3 Mill RM der 1930 gegründeten Städtischen Werke AG. Baden-Baden hat sich die Berichterstatterin mit 49 % beteiligt. Einnahmen aus Stromlieferung: 14 988 656 RM (14 489 027 i. V.), aus Verschiedenem: 42 197 RM (54 464 i. V.), Reingewinn: 2 572 484 RM (2 026 713 i. V.), Dividende: wieder 9 % auf 27 Mill RM AK.

Die Brandenburgischen Elektricitäts-, Gas- und Wasserwerke AG., Berlin-Charlottenburg, haben im Geschäftsjahr 1930/31 die Fusion mit der AG. Körting's Electricitäts-Werke, Berlin, unter Erhöhung ihres AK. von 4,2 auf 6,5 Mill RM durchgeführt und sind damit in den Besitz der Elektrizitätswerke Aken, Bentheim, Clausthal-Zellerfeld, Gransee, Pr. Holland, Rahlstedt, Tonndorf-Lohe und Thum-Jahnsbach sowie einer Majoritätsbeteiligung an der Elektricitätswerk Winnenden G. m. b. H. gelangt. Die Lieferung betrug insgesamt 16,25 Mill kWh (16,52 i. V.), wovon 13,0 Mill kWh auf die alten Werke der Berichterstatterin entfielen (13,4 i. V.).

Die nutzbare Stromabgabe der Main-Kraftwerke AG., Frankfurt a. M.-Höchst, deren Anschlußwert am Ende des Geschäftsjahres, wesentlich infolge erhöhten Absatzes von Haushaltapparaten, von 111 688 auf 119 473 kW gestiegen war, betrug 1930 rd. 91,039 Mill kWh und ist damit wegen geringerer Abnahme der Großindustrie und der Wiederverkäufer um 13,5 % gegenüber dem Vorjahr (105,265 Mill kWh) zurückgegangen; die Abgabe an die Kleinabnehmer war indessen um 7,5 % größer. Die Einnahmen aus dieser Stromlieferung weisen aber als Folge des neuen Gebührentarifs, der eine Senkung des Durchschnittspreises herbeiführte, nur eine Steigerung um 4,5 % aus. Die rückläufige Bewegung des Absatzes ist im April 1931 zum Stillstand gekommen. Die Gesellschaft hat die Leistung des Wasserkraftwerks Elisenhütte bei Nassau a. d. L. auf 2500 PS erhöht und die Neuanlage anfangs 1931 in Betrieb genommen. Überschuß aus Betrieb, Installationen, Zinsen und Dividenden: 5 020 140 RM (5 297 013 i. V.), Reingewinn: 1 405 528 RM (1 406 502 i. V.), Dividende: wieder 6 % auf 22,4 Mill RM AK.

[1] Vgl. ETZ 1931, S. 1340.

Erzeugung und Verbrauch elektrischer Arbeit in Deutschland[1]. — Die Erzeugung der von der Statistik berücksichtigten 122 Elektrizitätswerke war im August 1931 um 49,7 Mill kWh (4,3 %) größer als im Vormonat, aber um 79 Mill kWh (6 %) geringer als im August 1930; arbeitstäglich stellte sich diese Zu- bzw. Abnahme auf 3,543 Mill kWh (8 %) bzw. 3,039 Mill kWh (6 %). Der Anschlußwert der von 103 Werken belieferten gewerblichen Konsumenten hat während des Juli sowohl im Vergleich mit dem Juni als auch mit dem Parallelmonat des Vorjahres zugenommen, u. zw. um 30 000 bzw. 166 000 kW. Ihr Verbrauch übertraf den im Juni festgestellten um 13,3 Mill kWh (3 %), ist aber um 4,1 Mill kWh hinter dem des Juli 1930 zurückgeblieben; arbeitstäglich ergibt sich in beiden Fällen eine Senkung um 0,167 bzw. 0,149 Mill kWh.

Monat	Arbeitstage		Von 122 Elektrizitätswerken selbst erzeugte Mill kWh				Anschlußwert und Verbrauch der von 103 Elektrizitätswerken direkt belieferten gewerblichen Abnehmer							
			insgesamt		arbeitstäglich		Anschlußwert Mill kW		Gesamtverbrauch Mill kWh		arbeitstäglicher Verbrauch			
											insgesamt Mill kWh		kWh/kW Anschlußwert	
	1931	1930	1931	1930	1931	1930	1931	1930	1931	1930	1931	1930	1931	1930
I.	26	26	1357,6	1555,7	52,2	59,8	4,6	4,6	462,5	545,0	17,8	21,0	3,9	4,6
II.	24	24	1208,5	1392,5	50,4	58,0	4,6	4,6	438,5	512,3	18,3	21,3	4,0	4,7
III.	26	26	1266,9	1430,1	48,7	55,0	4,6	4,6	458,8	523,4	17,6	20,1	3,8	4,4
IV.	24	24	1133,2	1291,7	47,2	53,8	4,6	4,6	440,2	485,8	18,3	20,2	4,0	4,4
V.	24	26	1104,5	1296,4	46,0	49,9	4,6	4,6	443,4	498,9	18,5	19,2	4,0	4,2
VI.	26	24	1093,3	1170,1	42,1	48,8	4,6	4,6	462,3	463,8	17,8	19,3	3,9	4,2
VII.	27	27	1143,9	1268,5	42,4	47,0	4,6	4,5	475,6	479,7	17,6	17,8	3,8	4,0
VIII.	26	26	1193,6	1272,6	45,9	48,9	.	4,5	.	470,8	.	18,1	.	4,0

Die „Elthilfe" der Preußenelektra. — Die Preußische Elektrizitäts-AG. hat für die unmittelbar von ihren Tochtergesellschaften belieferten Abnehmer eine Einrichtung zur Absatzfinanzierung — „Elthilfe" — geschaffen, die den Stromabnehmern die Anschaffung elektrischer Stromverbrauchsgeräte und die erforderlichen Installationen durch Ratenzahlung erleichtern soll. Auch ist für größere Objekte die Möglichkeit einer Miete mit dem Ziel des Eigentumserwerbs gegeben[2]. Die Durchführung der Elthilfe soll in Gemeinschaft mit den örtlichen Installationsfirmen und den Elektrofachgeschäften erfolgen. Diesen gibt die Elthilfe — die nicht auf Erzielung eines Gewinns abgestellt ist — die Möglichkeit, ihren Kunden längere Kredite einzuräumen und ihre Umsätze ohne Inanspruchnahme eigener Mittel zu erhöhen. Die Einführung der Elthilfe bedeutet ein Weitergehen auf dem Wege, der durch die Einführung des Haushaltstarifs der Preußenelektra mit seiner den Konsum anregenden Staffelung beschritten wurde, und der den Stromverbrauchern die Möglichkeit gibt, in erhöhtem Umfang Strom im Haushalt, im Kleingewerbe und in der Landwirtschaft zu verwenden.

Die Elthilfe tritt zunächst in den Stromversorgungsgebieten folgender Gesellschaften in Kraft: Hannover-Braunschweigische Stromversorgungs-AG., Hannover; Nienburger Stromversorgungs-AG., Nienburg/Weser; Schleswig-Holsteinische Stromversorgungs-AG., Rendsburg; Westpreußisches Überlandwerk G. m. b. H., Marienwerder; Stromversorgungs-AG. Weißenfels-Zeitz, Zeitz; Stromversorgungs-AG. Oldenburg-Ostfriesland, Oldenburg i. O.

GEWERBLICHER RECHTSSCHUTZ.

Eintragung gewerblicher Schutzrechte in Ägypten. — In einem Bericht der deutschen Gesandtschaft in Kairo über die Zusammenlegung der drei bisherigen Markenregister der Gerichte in Kairo, Alexandrien und Mansurah, über die in der ETZ 1929, S. 1820, bereits berichtet worden ist, empfiehlt die Gesandtschaft den deutschen Interessenten, Handelsmarken nicht unter dem Namen ihrer ägyptischen Agenten eintragen zu lassen, um zu vermeiden, daß Vertreter nach Aufhebung des Vertreterverhältnisses den Schutz einer auf ihren Namen eingetragenen Handelsmarke für sich beanspruchen oder damit auf den Fabrikanten einen Druck ausüben, daß dieser ihnen die Vertretung weiter beläßt bzw. für die Abtretung des Rechts eine Entschädigung zahlt oder dergl. Um solche Möglichkeiten zu vermeiden, sollte der deutsche Fabrikant eine Handelsmarke stets auf seinen eigenen Namen im dortigen Markenschutzregister eintragen lassen. Diese Empfehlung der Gesandtschaft kann ohne weiteres auf alle Auslandstaaten ausgedehnt werden. Es ist immer eine sehr zweischneidige und nicht selten gefährliche Sache, die Rechte an ausländischen Warenzeichen in die Hände der dortigen Geschäftsvertreter zu legen.

Kubas Rücktritt vom Madrider Abkommen, betreffend internationale Registrierung von Warenzeichen. — Wie in der ETZ 1931, S. 640 schon berichtet wurde, hat Kuba das Madrider Abkommen, betreffend die internationale Registrierung von Warenzeichen, mit Wirkung vom 22. IV. 1932 gekündigt. Nach einer Bekanntmachung des Reichsministers des Auswärtigen hat die kubanische Gesandtschaft in Bern dabei erklärt, daß ihre Regierung allen auf Grund des vorgenannten Abkommens geschützten Marken sowie den künftig bis zum 22. IV. 1932 zugelassenen Marken weiterhin den Schutz für die im Artikel 6 des Abkommens vorgesehene Dauer von 20 Jahren gewähren wird. Diese Erklärung ist deshalb wichtig, weil es zweifelhaft sein konnte, ob der Schutz dieser Zeichen nicht bereits mit dem 22. IV. 1932 ablief. Von dem angegebenen Tage ab gehört Kuba nur noch der Pariser Übereinkunft zum Schutze des gewerblichen Eigentums und dem Madrider Abkommen, betreffend Unterdrückung falscher Herkunftsangaben auf Waren, an.

Portugals Beitritt zu dem Madrider Abkommen in der Haager Fassung. — Portugal hatte nach der Haager Konferenz lediglich seinen Beitritt zu der neuen Fassung des Pariser Abkommens, betreffend den Schutz des gewerblichen Eigentums, angezeigt. Nunmehr ist auch mit Wirkung vom 13. V. 1931 der Beitritt zu den Änderungen der Madrider Abkommen, betreffend internationale Registrierung von Fabrik- oder Handelsmarken sowie betreffend die Unterdrückung falscher Herkunftsangaben auf Waren, erfolgt.

Neuseelands und West-Samoas Beitritt zum Haager Text der Pariser Übereinkunft. — Nach einer Note des Schweizer Bundesrats sind Neuseeland und das britische Mandatsgebiet West-Samoa der Haager Fassung des Pariser Abkommens, betreffend den Schutz des gewerblichen Eigentums, mit Wirkung vom 29. VII. 1931 beigetreten.

Änderungen des Patentgesetzes in Holland. — Die in der ETZ 1931, S. 640, als bevorstehend erwähnten Gesetzesvorlagen sind nunmehr am 15. VIII 1931 in Kraft getreten. Am wichtigsten von ihnen sind die Verlängerung der Patentdauer von 15 auf 18 Jahre und die Wiederherstellungsmöglichkeiten für Patente, die beim Inkrafttreten des Gesetzes schon erloschen waren. Das holländische Gesetz hat sich dabei auf den Standpunkt gestellt, daß, da Holland die Haager Fassung des Pariser Unionsabkommens am 1. VII. 1928 ratifiziert hat, alle, die seit diesem Tage Vorteile aus den neuen Bestimmungen des Unionvertrags hätten ziehen können, auch jetzt noch diese Vorteile genießen sollen, so daß also Patente, die seit dem 1. VI. 1928 wegen nicht rechtzeitiger Zahlung der Jahresgebühren erloschen sind, wiederhergestellt werden können. Die Wiederinkraftsetzung solcher Patente kann bis zum 15. XI. 1931 beantragt werden.

Herkunftsbezeichnung von Waren in Argentinien. — In Argentinien besteht seit 1924 die Bestimmung, daß eingeführte Waren oder deren Verpackung den Namen des Ursprungslandes tragen müssen. Diese Bestimmung ist 1926 dahin erweitert worden, daß statt des Ursprungslandes auch die Hauptstadt oder das Fabrikationszentrum der Waren angegeben werden kann. Auch allgemein verständliche Abkürzungen, wie z. B. U.S.A., für Waren werden als genügende Bezeichnung anerkannt. Es ist nun vor kurzem eine amtliche Mitteilung der Abteilung für Handel und Industrie am Landwirtschaftsministerium ergangen, worin zur Vermeidung von Strafen vorgeschlagen wird, solche Zeichen usw. der Abteilung zur Genehmigung vorzulegen, bevor sie zur Ausfuhr von Waren nach Argentinien verwandt werden. Es empfiehlt sich besonders für Unternehmungen, die im Export nach Argentinien noch keine Erfahrungen haben, von dieser Möglichkeit Gebrauch zu machen.

Prioritätsanmeldung in Großbritannien. — Das britische Patentamt verlangte bisher, daß eine britische Patentanmeldung, die mit der Priorität einer ausländischen hinterlegt wurde, mit dieser, wenn auch nicht wörtlich, so doch inhaltlich, identisch sein mußte. Daraus ergaben sich Schwierigkeiten, wenn, wie nicht selten, die deutsche Patentanmeldung lediglich die Grundidee der Erfindung enthielt und nicht genügend nähere Einzelheiten oder Beispiele über die praktische Durchführungsweise. Denn solche Patente sind nach englischem Recht der Gefahr der

[1] Vgl. ETZ 1931, S. 1261.

[2] Nähere Angaben über diese Einrichtung finden sich in den von der Gesellschaft herausgegebenen Druckschriften: „Das Ratenkaufsystem der Preußenelektra" und „Richtlinien für das Mietgeschäft der Elthilfe".

Nichtigkeit unterworfen. Die nachträgliche Vervollständigung der englischen Anmeldung war aber — von Sonderfällen abgesehen — unzulässig. Diese Rechtslage ist durch eine neuerdings ergangene Entscheidung des Law Officer grundsätzlich geändert worden, wonach bei einer britischen, auf Grund einer ausländischen Priorität vorgenommenen Anmeldung die ausländische Prioritätsanmeldung genau so zu bewerten ist wie eine englische vorläufige Anmeldung (provisional specification). Der Anmelder ist also in derselben Weise berechtigt, die ausländische Anmeldung in seiner britischen Anmeldung zu vervollständigen, wie dies einem englischen Anmelder erlaubt wird, der nach der vorläufigen Anmeldung die vollständige Anmeldung einreicht. Diese Entscheidung macht es nunmehr möglich, auf Grund einer ausländischen, allgemein gehaltenen Anmeldung in England eine den dortigen schärferen Bestimmungen über Ausführbarkeit entsprechende Anmeldung vorzunehmen, ohne die Priorität der ersteren zu verlieren.

Patente in Tanganyika. — Im Tanganyika-Gebiet sind seit dem 15. V. 1931 Patente eintragbar, u. zw. in erster Linie auf Grund der Eintragung eines britischen Patents innerhalb von 3 Jahren vom Tage der Erteilung des letzteren. Für die vor Inkrafttreten dieses Gesetzes erteilten britischen Patente läuft diese Frist am 15. V. 1934 ab. Außerdem können Patente, die unter deutschem Gesetz in Tanganyika bis zur Zeit des Versailler Vertrags in Kraft waren, bis zum 15. V. 1932 eingetragen werden. Sie würden dann dieselbe Lebensdauer haben wie unter deutschem Gesetz.

Patentanwalt Dipl.-Ing. H. Herzfeld I, Berlin.

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33 II, Fernspr.: C 4 Wilhelm 8885 u. 8886 zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Jahresbeitrag der inländischen Mitglieder für 1932.

Der Mitgliedsbeitrag für das Jahr 1932 beträgt:

I. für persönliche inländische Mitglieder . . . 30 RM
für Jungmitglieder, die eine behördliche Studienbescheinigung für 1932 vorlegen . . . 15 „

II. für korporative inländische Mitglieder:
1. Behörden, Schulen, wissenschaftl. Vereine usw. . . . 36 „
2. Sonstige körperschaftliche Mitglieder, städt. und staatl. Betriebe, auch Eltwerke, Privatfirmen, offene Handelsgesellschaften mit beschränkter Haftung, Aktiengesellschaften usw., die beschäftigen:
a) bis 50 Angestellte und Arbeiter . . 50 „
b) von 51 bis 100 Angestellte und Arbeiter . . . 75 „
c) von 101 bis 250 Angestellte und Arbeiter . . . 120 „
d) von 251 bis 500 Angestellte und Arbeiter . . . 150 „
e) von 501 bis 1000 Angestellte und Arbeiter . . . 300 „
f) von 1001 bis 2500 Angestellte und Arbeiter . . . 450 „
g) von 2501 bis 5000 Angestellte und Arbeiter . . . 600 „
h) von 5001 bis 10 000 Angestellte und Arbeiter . . . 900 „
i) von 10 001 bis 20 000 Angestellte und Arbeiter . . . 1500 „
k) über 20 000 Angestellte und Arbeiter 2400 „

Die Beiträge werden bis spätestens 15. November 1931 auf das Postscheckkonto: Elektrotechnischer Verein, Berlin Nr. 133 02 erbeten, da sonst die ordnungsmäßige Zustellung der ETZ über den 1. Januar 1932 hinaus nicht gewährleistet werden kann. Unsere ausländischen Mitglieder erhalten besondere Mitteilung.

Elektrotechnischer Verein e. V.
Der Generalsekretär:
Dr. Schmidt.

Einladung

zur Fachsitzung für den Bau und Betrieb von Elektrizitätswerken (EVE) am Dienstag, dem 3. November 1931, 8 Uhr abends, in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, EB, Hörsaal Nr. 301.

Tagesordnung:

Vortrag des Herrn Dipl.-Ing. Sardemann über das Thema: „Betriebseigenschaften der synchronen und asynchronen Blindleistungsmaschinen".

Inhaltsangabe:

1. Überblick über die verschiedenen Arten von Blindleistungsmaschinen.
2. Anlaßschaltungen.
3. Eignung für die Spannungsregelung von Netzen und Verhalten bei veränderlicher Spannung und Frequenz.
4. Verhalten bei Kurzschluß.
5. Regulierung.
6. Bauliche Ausführung.
7. Wirtschaftlichkeit.
8. Ergebnisse einer Wertung der verschiedenen Eigenschaften seitens des Betriebes.

Gäste willkommen!

Nachsitzung im „Grand-Hotel am Knie" in Charlottenburg, Bismarckstraße 1.

Fachausschuß für den Bau und Betrieb von Elektrizitätswerken.
Der Vorsitzende:
Dr. Rehmer.

Vortragsreihe

des Elektrotechnischen Vereins in Gemeinschaft mit dem Außeninstitut der Technischen Hochschule zu Berlin über das Thema: „Die technischen Grundlagen des Tonfilms" (mit Experimenten).

1. 2. XI. 1931: Herr Dr. phil. Lichte: „Allgemeiner Überblick und Formulierung der Aufgabe" (Geschichtlicher Überblick über die Entwicklung des Tonfilms. Erläuterung des Magnetton-, des Nadelton- und des Lichttonfilm-Verfahrens. Amplituden- und Intensitätsfilm. Allgemeine Forderungen. Das Nadelton-Verfahren und seine Leistungsfähigkeit. Überblick über fremde Systeme. Wirtschaftliche Fragen des Tonfilms.)
2. 9. XI. 1931: Herr Dr. phil. E. Meyer: „Mikrophone, Lautsprecher, Raumakustik".
3. 16. XI. 1931: Herr Dr. Feldtkeller: „Verstärker" (Anforderungen — Röhren — Vorverstärker — Endverstärker — Störungen).
4. 23. XI. 1931: Herr Dr. Hehlgans: „Kerrzelle und lichtelektrische Zellen" (Tonfilmtechnische Bedeutung der Kerrzelle und der lichtelektrischen Zelle — Die Kerrzelle in der Tonfilmtechnik — Die Photozelle nach Elster und Geitel — Andere Arten von Lichttonschreibern und Lichttonabnehmern).
5. 30. X. 1931: Herr Dipl.-Ing. Kemna: „Die Aufnahme- und Wiedergabe-Apparaturen" (Elemente, die den gleichmäßigen Transport des Films bewerkstelligen. Filmführung — Aufnahmeapparate — Wiedergabeapparate — Ausblick in die Zukunft).
6. 7. XII. 1931: Herr Dr. Narath: „Theorie und Praxis des photographischen Prozesses beim Tonfilmverfahren" (Bild- und Tonphotographie — Die Theorie des photographischen Prozesses — Bedingungen für die verzerrungsfreie Aufzeichnung beim Schwärzungsverfahren — Die Praxis des photographischen Prozesses).
7. 14. XII. 1931: Herr Dr. Fischer: „Die durch den photographischen Prozeß und die Tonfilmapparaturen be-

dingten Verzerrungen" (Die Verzerrungen — Die Hörbarkeit nichtlinearer Verzerrungen).

Zeit: Montag abends pünktlich 6½ bis 8 Uhr.
Ort: Aula der Technischen Hochschule zu Berlin.
Teilnehmerkarten sind zu haben:

a) in der Technischen Hochschule, Zimmer Nr. 138;
b) im Elektrotechnischen Verein, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 II, Postscheckkonto: Berlin Nr. 13 302.

Der Preis für sämtliche Vorträge beträgt:

a) für Mitglieder des Elektrotechnischen Vereins 8 RM
b) für deutsche Studenten . . . . 4 RM
c) für andere Teilnehmer . . . . 12 RM

Karten für einzelne Vorträge werden nicht abgegeben.

Elektrotechnischer Verein e. V.
Der Generalsekretär:
Dr. Schmidt.

SITZUNGSKALENDER.

Elektrotechn. Gesellschaft Frankfurt a. M. 4. XI. 1931, abds. 8h. Hörsaal der Kunstgewerbeschule, Neue Mainzer Str. 47: Lichtbildervortrag Dr.-Ing. E. Behne, „Die Verwendung von Kurzschlußläufern unter bes. Berücks. schwieriger Anlaufverhältnisse".

Ostdeutscher Elektrot. Verein Königsberg Pr. 2. XI. 1931, abds. 8h, I. Phys. Inst der Universität, Steindamm 6: Vortrag Dr. F. Kesselring, „Die wichtigsten Punkte aus der Entwicklung des Expansionsschalters".

Elektrotechn. Verein Stuttgart. 31. X. 1931, abds. 6h: Rundfunkvortrag Obering. H. Büggeln, „Gleichstrom oder Wechselstrom? Wem wird die Zukunft gehören?"

Elektrotechn. Verein des Berg. Landes, Wuppertal-Elberfeld. 3. XI. 31, abds. 8h, „Saal der Technik", Alexanderstraße 18: Vortrag Dipl.-Ing. König, „Neues über Leistungsschalter und das Überspannungschutzproblem".

Physikalische Gesellschaft zu Berlin (gemeinsam mit der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft). 3. XI. 1931, nachm. 5¼h, Helmholtzsaal des Harnackhauses, Berlin-Dahlem, Ihnestr. 16: Vortrag A. Westgren, „Zur Chemie der Legierungen".

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

C. von Bach †. — Staatsrat Prof. Dr.-Ing. E. h. Carl von Bach, Stuttgart, starb am 10. X. im Alter von 84 Jahren. Als Lehrer der Jugend, als Forscher, als Berater der Industrie und der Fachverbände hat er sein Leben in bewußter strengster Pflichterfüllung in den Dienst der Allgemeinheit gestellt. Seine Arbeiten auf dem Gebiete des Maschinenbaues und besonders der Materialprüfung sind zu bekannt, um näherer Erwähnung zu bedürfen.

Am 8. III. 1847 als Sohn eines Handwerkers im sächsischen Erzgebirge geboren, lernte er das Schlosserhandwerk, besuchte die Höhere Gewerbeschule in Chemnitz sowie das Polytechnikum Dresden und erhielt, nachdem er auch am Kriege 1870/71 teilgenommen und verschiedentlich in der Industrie gearbeitet hatte, 1878 einen Ruf als ord. Professor an die T. H. Stuttgart, an der er bis zur Versetzung in den Ruhestand im Jahre 1922 wirkte[1].

Die Anerkennung seiner Leistungen hat in zahlreichen Ehrungen Ausdruck gefunden, u. a. in der Verleihung der Grashof-Denkmünze und der Ehrenmitgliedschaft des VDI.

Hochschulnachrichten. — Prof. Dr. V. F. Hess, Graz, ist als ord. Professor der Experimentalphysik an die Universität Innsbruck berufen worden. Sein besonderes Arbeitsgebiet sind atmosphärische Elektrizitätslehre und kosmische Physik[2]. — Prof. Dr. H. Faßbender wurde an Stelle des verstorbenen Prof. Dr. Dr.-Ing. F. Kock die Leitung des Instituts für Elektrische Schwingungslehre und Hochfrequenztechnik an der T. H. Berlin übertragen.

LITERATUR.

Besprechungen.

Vokalstudien. Eine akust.-psychol. Experimentaluntersuch. über Vokale, Worte u. Sätze. Von V. Engelhardt u. E. Gehrcke. Mit 16 Abb. i. Text, IV u. 78 S. in 8⁰. Verlag Johann Ambrosius Barth, Leipzig 1930. Preis geh. 4 RM.

Das vorliegende Bändchen enthält vier Arbeiten der Verfasser, die in den Jahren 1927, 1929 und 1930 in den Zeitschriften Psychologische Forschung sowie Zeitschrift für Psychologie erschienen sind; sie versuchen „mit den heutigen physikalischen Hilfsmitteln dem Wesen der Vokale hinsichtlich der bei ihrer Auffassung wirksamen psychologischen Faktoren näher zu kommen". Die erste dieser Arbeiten befaßt sich zunächst damit, in möglichst sinnfälliger Weise die Richtigkeit der Formanttheorie zu prüfen. Mit Hilfe einer Lichtsirene, deren Scheiben experimentell aufgenommene Vokalkurven enthalten, werden die Vokale erzeugt; es zeigt sich das nach der Formanttheorie zu erwartende Ergebnis, daß bei einer Veränderung der Rotationsfrequenz der Scheiben das Urteil über den Vokalcharakter unsicher wird. Die Arbeit enthält weiterhin Versuche mit reinen Tönen verschiedener Tonhöhe, die gleichfalls mit der Lichtsirene erzeugt werden. In Übereinstimmung mit den Arbeiten von Köhler wird eine der Tonhöhe parallellaufende Vokalreihe u o a e i gefunden. Sinusschwingungen mit überlagerten oder unterlagerten reinen Tönen bringen keine Verbesserung des Vokalcharakters reiner Töne. Zum Schluß werden noch einige Versuche kurz beschrieben, die das bekannte Ergebnis bestätigen, daß die Phasenverschiebung auf die Klangfarbe keinen Einfluß hat.

Die zweite Arbeit wendet sich der kombinierenden Tätigkeit beim Hören von Silben und Texten zu. Dabei wird im Prinzip die Silbenverständlichkeitsmethode benutzt, wie sie in der Fernsprecherei in großem Umfange Verwendung findet. Sinnlose Silben auf Grammophonplatten aufgezeichnet, werden zunächst zur Feststellung der Lautverständlichkeit benutzt. Die Vokale lassen sich relativ besser verstehen als die Konsonanten, von denen besonders die kurz dauernden Stoß- und Zischlaute vorwiegend falsch gehört werden. Im Gegensatz zu diesen sinnlosen Silben wird sinnvoller Text mit 95,8 % aller Urteile richtig verstanden. Aus den Versuchen folgt die bekannte Tatsache, daß die unbewußte Kombinierfähigkeit beim Hören sinnvoller Texte außerordentlich groß ist; sie läßt in der gewählten Versuchsanordnung nur 2,1 % Fehler zu. Besonders stark wird bei den Messungen der Silbenverständlichkeit der Vokal u verwechselt, der in 18,3 % der Fälle für ein o gehalten wird.

Die dritte Arbeit geht näher auf die Abhängigkeit der Vokale von der absoluten Tonhöhe ein; hierzu wird eine Anzahl Versuchsplatten verwendet, die die verschiedenen Vokale zusammen mit einem Anfangskonsonanten bzw. allein enthalten; die Umdrehungszahl der Grammophonplatten wird in Stufen von 35 bis 160 U/min variiert und dabei die Veränderung des Vokalcharakters in bewußten und unbewußten Versuchen untersucht. Trotz der großen Änderung der Umdrehungsgeschwindigkeiten werden in dieser Versuchsanordnung sämtliche Vokale in weiten Grenzen erkannt; die Ergebnisse scheinen darauf hinzudeuten, daß der Formant bei der Angabe des Vokalcharakters im allgemeinen nur eine geringe Rolle spielt, am meisten noch für die Vokale u und o.

Die letzte Arbeit beschäftigt sich schließlich nochmals mit den Vokalcharakteren einfacher Töne; dieser Artikel befaßt sich mit der Benutzung eines Überlagerungsummers mit Lautsprecher zur Tonerzeugung. Den Versuchspersonen wird die Frage vorgelegt, welchem Vokal, Umlaut oder stimmhaften Konsonant der gehörte Ton am ähnlichsten klingt. Es ergibt sich eine gewisse Zuordnung der Vokalqualitäten zu den Tönen des Tonspektrums, aber diese Zuordnung ist nicht immer mit der Theorie vom Oktavenverhältnis der Formanten in Übereinstimmung. Die Vokale i und u werden, da ihre Schwingungskurven denen reiner Töne am nächsten kommen, am häufigsten einfachen Tönen zugeordnet; die Vokale a und e treten am wenigsten auf.

Die gesamten Versuche ergeben das Resultat, daß die Vokale im Bewußtsein durch drei verschiedene psychologische Faktoren erfaßt werden; die erste erfaßt die absolute Höhe der Teiltöne, die zweite die relativen Verhältnisse der Teiltöne, die dritte besteht in der Kombination beim Hören von Silben und Texten. E. Meyer.

[1] Vgl. seine Selbstbiographie: C. Bach, Mein Lebensweg u. meine Tätigkeit. Verlag Julius Springer, Berlin 1926.

[2] Vgl. seinen Aufsatz: Über neue Arbeiten auf dem Gebiete der kosmischen Ultrastrahlung, ETZ 1931, S. 936.

Electric Circuit Analysis. Von Prof. M. G. Malti. Mit Abb., Tab., VII u. 389 S. in 8°. Verlag John Wiley & Sons, Inc., New York, und Chapman & Hall, Ltd., London 1930. Preis geb. 22/6 s.

Das Buch will Studierenden die Kenntnis der Grundgesetze elektrischer Stromkreise vermitteln. In den einleitenden drei Kapiteln werden komplexe Zahlen, Vektoren und die Eigenschaften der Sinusfunktion besprochen. Nach einer kurzen Erläuterung der Einheiten und Dimensionen folgt die Behandlung der Stromkreiselemente, Widerstand, Induktivität und Kapazität, einfache Wechselstromkreise mit Reihen-, Parallel- und gemischter Schaltung der Elemente, gekoppelte Stromkreise, mehrwellige Ströme, Mehrphasenströme und Ausgleichströme. Im Anhang werden Beweise für einige im Text verwendete mathematische Sätze gegeben, Tafeln der Kreis- und Hyperbelfunktionen, Tabellen für Kurvenanalyse und Leitungskonstanten. Das Buch ist durch große Gründlichkeit und Klarheit der Darstellung ausgezeichnet, Rechnung und graphische Behandlung laufen nebeneinander, und jedem Kapitel ist eine große Zahl von Aufgaben beigefügt. Bei der Behandlung der geometrischen Örter vermißt man einen Hinweis auf die Beziehungen zwischen Vektorgleichung und geometrischem Ort und bei der Besprechung unsymmetrischer Mehrphasensysteme die Rechnung mit symmetrischen Komponenten. Gleichwohl muß das Buch als vorzügliche Einführung in die Berechnung von Wechselstromkreisen bezeichnet werden. Fraenckel.

Taschen-Almanach des Patentwesens aller Staaten nebst Quellenangaben aus der Praxis des deutschen Patentrechts. Von M. Thomescheit. Mit 121 S. in kl. 8°. Verlag Klemens Reuschel, Berlin 1931. Preis geb. 5 RM.

Das Buch bringt eine tabellarische Übersicht des Patentschutzes in allen Staaten mit Angaben über die geltenden Gesetze und deren Wirkungsbereich sowie eine Zusammenstellung wichtigster Einzelheiten über die betreffenden Patentgesetze. Hierbei sind, je nach der Bedeutung des Landes, die Angaben ausführlicher oder knapper gehalten. Es folgt ein Sachregister für wichtige Entscheidungen aus dem deutschen Patentrecht mit Hinweisen auf die Literaturstellen, an denen sie abgedruckt sind. Daran schließt sich ein Abdruck des Pariser Unionsvertrags, des deutschen Patentgesetzes und verschiedener Verordnungen und Bestimmungen sowie ein Verzeichnis der Patentanwälte. In knapper, übersichtlicher Form ist hier eine Menge Informationsmaterial zusammengestellt, so daß der Almanach Interessenten des gewerblichen Rechtsschutzes empfohlen werden kann. H. Herzfeld.

Der Vorrichtungsbau, Teil 3: Wirtschaftl. Herstellung u. Ausnutzung d. Vorrichtungen. Von F. Grünhagen. (Werkstattbücher H. 42.) Mit 104 Abb. i. Text u. 52 S. in 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1930. Preis kart. 2 RM.

In den beiden ersten Heften werden Einteilung und Einzelheiten der Vorrichtungen und besondere Vorrichtungen mit Bearbeitungsbeispielen behandelt. Das vorliegende dritte und letzte Heft enthält die wirtschaftliche Herstellung und Ausnutzung der Vorrichtungen. Hierbei wird nicht nur auf die verschiedenen Arbeitsweisen bei der Herstellung der Vorrichtungen eingegangen, sondern auch auf das Entwerfen der Vorrichtungen. Eingehend wird das Aufstellen und Inbetriebsetzen der Vorrichtungen besprochen, alles unter dem Gesichtspunkte ihres Hauptzweckes, Erhöhung der Wirtschaftlichkeit der Fertigung. Der Verfasser geht auch auf die Bedeutung und möglichste Verringerung der Einrichtezeiten ein und erläutert hierbei die zweckmäßigste Aufstellung der einzelnen Vorrichtungen. Auch die der Benutzung der Vorrichtungen vorangehenden Vorarbeiten, wie Kontrolle und Vorbereitung der Werkstücke, Auswahl und Kontrolle der Maschinen, auf denen mit den Vorrichtungen gearbeitet werden soll, ist nicht vergessen worden. Als Beispiele werden schließlich praktische Winke für die Verwendung von Bohrspannvorrichtungen gegeben. Es muß anerkannt werden, daß der Verfasser, nachdem nunmehr das dritte Heft vorliegt, eine Übersicht über den Vorrichtungsbau geschaffen hat, deren Hauptwert nicht zum geringsten in der großen Kürze und leichten Verständlichkeit liegt, so daß auch die Kreise, denen nicht viel Zeit zum Studium umfangreicher Sonderwerke zur Verfügung steht, sich unter Vermeidung größeren Zeitaufwandes rasch über dieses Gebiet unterrichten können. Witt.

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Die deutsche Elektroindustrie im 3. Vierteljahr 1931[1]. — Wie die Industrie- und Handelskammer zu Berlin berichtet, war die Geschäftstätigkeit in der Elektroindustrie während der Monate Juli, August und September im ganzen noch ungünstiger als in dem vorangegangenen Teil des Jahres. Die andauernd rückläufige Entwicklung auf allen Gebieten der deutschen wie auch fast der gesamten ausländischen Wirtschaft machte sich naturgemäß in sämtlichen Zweigen der Stark- wie der Schwachstromtechnik entsprechend bemerkbar. Nach wie vor war der inländische Markt ganz besonders schwer von der Depression heimgesucht. Aber auch im Ausland sind durch das Fortschreiten der allgemeinen Krise der Wettbewerb und die Absatzmöglichkeit immer schwieriger geworden. Ganz besonders trifft dies auch für Überseeländer zu, die sonst ein wichtiges Gebiet für die Ausfuhr der deutschen Elektroindustrie gebildet haben. Hier sind vor allem Mexiko und Chile zu nennen, deren Währungschwierigkeiten von schwersten Folgen für das Auslandsgeschäft geworden sind. Der von der Reichsregierung für Lieferungen nach Rußland bewilligte Kredit von 300 Mill RM hat zu Anfang des Berichtszeitraums der Elektroindustrie noch einige Aufträge gebracht, so nicht ganz unbedeutende auf dem Gebiet der Meßinstrumente, der Wärmemeßapparate und der elektrischen Signaleinrichtungen für Gruben- und andere Betriebe. Da der erwähnte Reichskredit nunmehr aber erschöpft ist, stehen weiteren Abschlüssen mit Rußland fast unübersteigliche finanzielle Schwierigkeiten entgegen. Solche sind auch bei allen übrigen Geschäften mit behördlicher wie privater Kundschaft das Hindernis, an dem die meisten Abschlüsse zu scheitern pflegen. Aus diesem Grunde haben die schon vor Monaten eingeleiteten Verhandlungen der Reichsbahn-Gesellschaft über Aufträge für die Elektrisierung der Strecke Stuttgart—Augsburg noch immer nicht zum endgültigen Abschluß geführt werden können. Auch sonst vermag die Reichsbahn nur in sehr beengtem Umfang Aufträge zu erteilen. Die normalen Bestellungen der Reichspost wie auch der Absatz an die private Kundschaft können bei weitem nicht die Ausfälle decken, die durch das Fehlen aller größeren Bestellungen aus dem europäischen wie aus dem überseeischen Ausland eingetreten sind. Die Elektrizitätserzeugungs- und -verteilungsanlagen sind zu einem großen Teil unausgenützt. Auch von dieser Seite ist daher in absehbarer Zeit auf größere Aufträge nicht zu rechnen. Die ungünstige Lage des Maschinenbaus erschwert den Absatz elektrischer Antriebsmaschinen, die mangelnde Beschäftigung in der Kohlen- und Eisenindustrie hat den Verkauf von Maschinen für Bergwerke, Walzenstraßen usw. nahezu stillgelegt. Aus den gleichen Gründen liegt das Geschäft in Meßinstrumenten, wärmetechnischen Einrichtungen, Befehlsübermittlungs- und Sicherungsanlagen vollkommen brach. Ebenso gibt es für die vor allem von Gemeindebehörden bezogenen Einrichtungen für Feuermeldung, Polizeiruf und Uhrenanlagen kaum zu tun. Besonders hervorzuheben ist noch, daß infolge des inzwischen in Kraft gesetzten Hoover-Freijahres auch Reparationsaufträge nicht mehr erteilt worden sind. Eine Ausnahme bildet z. Z. lediglich das Geschäft in Radioapparaten. Hier sind die ersten Aufträge für die kommende Wintersaison eingegangen, und es hat bisher den Anschein, als ob der Umsatz in diesem Zweig sich auf der Höhe des Vorjahres halten dürfte. Hierdurch war es möglich, einer größeren Anzahl von Arbeitnehmern neue Beschäftigung zu geben. Trotzdem ist die Lage erheblich ungünstiger als in dem vorangegangenen Jahr aus dem Grunde, weil nach Beendigung der Rundfunksaison eine Unterbringung der dann frei werdenden Arbeitnehmer in verwandten Zweigen des Schwachstromgebiets wegen der allgemein dort jetzt herrschenden viel stärkeren Beschäftigungslosigkeit als ausgeschlossen angesehen werden muß. Denn überall, in den Starkstrom- wie in den Schwachstrombetrieben, hat die Belegschaft weiter verringert werden müssen.

Metallpreise im 3. Vierteljahr 1931[2]. — War im 2. Vierteljahr die Hoover-Botschaft die nach oben treibende Kraft an den Metallmärkten gewesen, so hatte die wirtschaftliche Entwicklung im 3. Vierteljahr gerade die entgegengesetzte Wirkung: Die Lahmlegung aller Kräfte. In Deutschland wurden am 13. VII. zusammen mit Geldinstituten und Wertpapierbörsen auch die Metallbörsen auf längere Zeit geschlossen. Die am 21. IX. einsetzende Inflation des Pfund Sterling, das bis Ende September 20 % seines Wertes verlor, führte zu einer Inflationshausse an der Londoner Börse.

Kupfer: Mit der letzten Etappe in der schnellen Aufeinanderfolge von Preisheraufsetzungen des Kartells brach die Haussebewegung wieder zusammen. Das auf Grund weiter zunehmender Vorräte, gescheiterter Verhandlungen über Produktionsdrosselung usw. billiger an den Markt kommende

[1] Vgl. ETZ 1930, S. 1507; 1931, S. 1016.
[2] Vgl. ETZ 1930, S. 1507; 1931, S. 1048.

Metall	Sichtbare Vorräte am Monatsende: Januar 1929	Juni 1931	Juli 1931	August 1931	Weltproduktion: Jahresdurchschnitt 1929	Juni 1931	Juli 1931	August 1931
Kupfer (sh. tons)	—	—	—	—	178 000	126 700	121 500	122 200
Raffinade (Nord- und Südamerika)	62 700	413 400	440 400	455 800	—	—	—	—
Blister (Nord- und Südamerika)	119 000	187 400	178 700	175 200	—	—	—	—
Blei (sh. tons)	—	—	—	—	160 500	119 800	114 400	117 900
Raffinade in den V. S. Amerika	35 000	139 700	134 000	131 000	—	—	—	—
Zink (sh. tons)	—	—	—	—	135 100	80 500	76 000	73 700
Roh in den V. S. Amerika	45 900	138 900	131 800	129 700	—	—	—	—
Roh in Großbritannien	2 000	22 800	24 200	21 800	—	—	—	—
Zinn (lg. tons)	—	—	—	—	—	—	—	—
Weltvorräte	23 700	51 100	51 400	50 900	—	—	—	—

Material der zweiten Hand zwang das Kartell zu einer Reihe von Preisermäßigungen. Gegen Quartalsende erreichte der Kartellpreis mit 7,50 cts/lb einen neuen Rekordtiefstand.

Abb. 1. Metallpreise im 3. Vierteljahr 1931.

Aluminium: 98/99%, Blöckchen — Elektrolytkupfer: Delnotiz, Berlin — Zinn: per Kasse, London — Zink: nahe Sichten, London — Blei: nahe Sichten, London — Quecksilber: in £/Flasche zu 70/80 lbs, Hamburg.

Zinn: Am Zinnmarkt konnte sich die Haussebewegung etwas länger halten (bis 7. VII.). Dann bewirkten beträchtliche Gewinnrealisationen an der Londoner und Hamburger Börse einen Kursrückgang um etwa 10 £. Mitte August trieben Gerüchte über das endgültige Zustandekommen des Zinnpools und andere spekulative Momente den Kurs zunächst auf 116¼ £. Günstige Auslegung der Haager Verhandlungen (21. VIII.) ließen den Zinnpreis bis auf 121¼ £ anziehen, doch führten alsbald umfangreiche Liquidationen infolge pessimistischer Auffassung über die Tätigkeit des Zinnpools bzw. dessen Bestehen überhaupt einen Umschwung in der Preisbewegung herbei. Bis zum 16. IX. war der Kurs bereits um 20 £ gefallen. Der Sturz des Pfundes trieb die Notierung in London stark hinauf, u. zw. bis 133⅓ £. Am Quartalsende notierte Zinn in London 123 £ (Abb. 1). Auf Goldparität umgerechnet, stellt dieser Kurs mit 98 £ jedoch einen neuen Rekordtiefstand dar.

Preisindexziffer der „Metallwirtschaft".

1909/13 = 100	Juni 1931	Juli 1931	August 1931	30. Sept.
	Monatsdurchschnitt			
Gesamtindex	66,0		64,1	60,5
Kupfer	60,6	nicht errechnet	56,0	52,2
Blei	73,8		75,0	71,9
Zink	47,7		48,6	44,7
Zinn	58,6		64,7	57,5
Aluminium	118,1		118,1	118,1
Nickel	107,7		107,7	107,7
Antimon	74,8		77,7	70,3

Blei und Zink: Beide Metalle erlitten im Lauf des Vierteljahres weitere Kursverluste, Zink trotz der Bildung des Internationalen Zinkkartells und Abnahme der Zinkvorräte. Am 17. IX. erreichten Blei mit $10^{9}/_{16}$ £, Zink mit $10^{5}/_{16}$ £ den Rekordtiefstand. Die Inflationshausse trieb die nominellen Kurse stark in die Höhe, auf Parität umgerechnet, lag jedoch die Zinknotierung am Quartalsende auf dem Stand vom 17. IX. Blei konnte dagegen neben der Inflationshausse infolge starker englischer Käufe auf einen zu erwartenden Bleizoll hin einen tatsächlichen Gewinn — Parität am 30. IX. = $11^{7}/_{16}$ £ — aufweisen.

Aluminium: Das Aluminiumkartell, dessen Preise (außer in Deutschland) in Pfund festgesetzt waren, stellte am 22. IX. infolge der Entwertung der englischen Währung seine Preisbasis auf schw. Franken um (1 £ = 25,22 schw. Fr), so daß sich das Preisniveau nicht geändert hat.

Nickel: Entsprechend berechnet die International Nickel Co. seit dem 24. IX. die Preise in cts/lb (je nach Menge 37 bis 38 cts) auf Basis der Goldparität 1 £ = 4,86 $, so daß gegenüber dem alten Preis von 170 bis 175 £ je lg.ton eine Änderung nicht eingetreten ist.

Quecksilber: Am 28. VIII. fiel die Hamburger Notierung infolge niedrigerer Angebote aus zweiter Hand auf 16¾ £ bei unverändertem Kartellpreis. Infolge der Pfundentwertung zog dann in Hamburg die in englischer Währung erfolgende Notierung auf 18¼ £ an; in Gold umgerechnet, stellt sich der Kurs aber nur auf 14⅛ £ (am 30. IX.). *Lw.*

Bezugsquellenverzeichnis.

Anfragen, denen Rückporto nicht beigefügt sind, bleiben unbeantwortet. Die Anfragen sind an die Schriftleitung der Elektrotechnischen Zeitschrift, Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, zu richten.

Frage 38: Wer baut Kupferoxydul-Gleichrichter mit einem Gleichstromdurchlaß von 0,05 ... 0,1 A?

Frage 39: Wer stellt Gleichrichter für Wechselstrom-Drehspulinstrumente her?

Abschluß des Heftes: 24. Oktober 1931.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 16 250 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin. Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

ETZ

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

INHALT

45. HEFT · 52. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9
(1373—1400) 5. November 1931

Elfa Leitungsschutz AUTOMAT

1	2	3
Querschnitt in mm²	D… Hö… dauer… Su…	…b Nennstromstärke für entsprechende Abschmelzsicherung in A
0,75	9	6
1	11	6
1,5	14	10

„Dieser Automat ist an Stelle einer 6 A-Sicherung ohne Auswechslung der Paßschraube verwendbar und schützt demnach alle Leitungsquerschnitte von 1,5 qmm und darunter. **Er gestattet aber die dauernde Entnahme bis zu 10 A.**"

Elfa-Automat

AEG

Leitungsausnutzung

in besonders hohem Ausmaße gewährt die Tardo-Sicherung. Sie ist die bestgeeignete verzögerte Vorsicherung vor Elfa-Automaten und infolge ihrer geringen Eigenverluste die bevorzugte Hausanschluß-Sicherung

Tardo SICHERUNG

Teilansicht aus dem Laboratorium. Prüfung der säurebeständigen Bleimantelleitungen.

OKD

Kabel, isolierte Leitungen, Kabelverlegungen, Leitungsdrähte und -Seile **sind betriebssicher!**

Osnabrücker Kupfer- und Drahtwerk · Osnabrück

Abt. Kabel- und Leitungswerk

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

52. Jahrgang | Berlin, 5. November 1931 | Heft 45

Aus der Großen Deutschen Funkausstellung und Phonoschau, Berlin 1931*.

Von **W. Burstyn**, Berlin.

Über die ausgestellten Rundfunkempfänger ist im allgemeinen zu sagen, daß die Entwicklung in sehr ruhigen Bahnen verläuft, daß grundlegende Neuerungen nicht anzutreffen waren, daß aber die äußere und innere Vollkommenheit merklich zugenommen hat, während die Preise unter dem Druck der schlechten Zeiten beträchtlich heruntergegangen sind. Man schätzt den Preisabbau für Geräte auf durchschnittlich 25 %; der Röhrentrust hingegen, der mühelos weit mehr nachgeben könnte, hat seine Preise nur um etwa 10 % gesenkt.

Abb. 1. Innenteil eines Siebenröhren-Empfängers von Dr. Seibt mit abgeglichenen Drehkondensatoren.

Die äußere Vervollkommnung der Geräte zeigt sich in zunehmender Verwendung von Gehäusen aus Edelholz, in geschmackvoller Formgebung und in der Sorgfalt, die auf die Bequemlichkeit im Gebrauch verwandt wird. Der wichtigste Fortschritt, den schon recht zahlreiche bessere Geräte aufweisen, ist der, daß die Einknopfbedienung nicht nur auf dem Papier steht, in Wirklichkeit aber Korrekturgriffe zu bedienen sind, sondern daß bei zwei und selbst bei drei Abstimmkreisen zwecks Einstellung auf eine beliebige Wellenlänge in der Tat nur ein einziger mit der geeichten Skala verbundener Drehgriff zu bedienen ist. Um das zu ermöglichen, muß entweder jeder Apparat einzeln geeicht werden, wie das z. B. die Nora-Radio G. m. b. H., Berlin-Charlottenburg, bei derartigen Empfängern seit Jahren tut, oder es müssen die Spulen und Drehkondensatoren der Kreise untereinander sehr genau gleich sein, letztere selbstverständlich in jeder Stelle der Skala. Diese feine Abgleichung kann dadurch erfolgen, daß die Kondensatorplatten in Sektoren aufgeschnitten sind, die nach Bedarf verbogen werden. In Abb. 1, die einen hochwertigen Empfänger von Dr. Georg Seibt, Berlin-Schöneberg, darstellt, sind solche Kondensatoren im Vordergrunde zu sehen. — Bei so genau geeichten Geräten kann die Skala nicht nur mit den Wellenlängen, sondern auch mit den Namen der einzelnen Sender versehen werden, wie dies auch einige Firmen ausführen. Um im Falle eines Wechsels der Senderwellen die Skala nicht ändern zu müssen, bringt Telefunken bei ihren neuen Empfängern die Stationsnamen auf Messingstreifchen an, die auf den Skalenrand federnd aufgesetzt und verschoben werden können (Abb. 2). Weiter ist es angenehm, wenn die Bedienungsgriffe eines Empfängers nicht auf Vorder- und Seitenflächen des Gehäuses verteilt, sondern möglichst zusammengedrängt sind. Bei den Empfängern von G. Schaub, Berlin-Charlottenburg, z. B. (Abb. 3) befinden sich sämtliche Griffe und das Skalenfenster innerhalb eines Blechschildes von 145 · 145 mm.

Neue Empfangschaltungen sind nicht aufgetaucht.

Abb. 2. Skala der Telefunken-Empfänger.

Höchstens wäre zu erwähnen, daß Siemens & Halske bei einigen Typen das Audion nicht nur auf sich selbst rückkoppeln, sondern parallel dazu über einen hochohmigen Widerstand auch noch auf das vorhergehende Hochfrequenzrohr. Es werden also durch denselben Knopf gleichzeitig die Rückkopplungen von zwei Schwingungskreisen geregelt. Ob aber das Verhältnis der Rückkopplungsströme bei größeren Änderungen der Wellenlänge auch nur angenähert gleich bleibt, scheint mir zweifelhaft. — Bei Empfängern mit 2 ... 4 Röhren wenden Neufeldt & Kuhnke, Kiel, nach Loftin-White die unmittelbare Verbindung der Anode mit dem Gitter der nächsten Röhre („Gleichstromverstärkung“ oder „direkte Schaltung“) an, die besonders für die Verstärkung tiefer Frequenzen günstig ist. — Die Vermehrung und Verstär-

Abb. 3. Frontschild der Schaub-Empfänger mit geeichter Skala.

* Bericht über die Ausstellung des Vorjahres: ETZ 1930, S. 1446.

kung der Sender stellt an die Trennschärfe der Empfänger immer höhere Ansprüche. Dadurch ist dem Überlagerungsempfänger wieder etwas mehr Beachtung zuteil geworden, wenn er auch gegenüber der „Gradaus-Schaltung" mit vier und mehr Röhren in der Minderzahl blieb. Die Zwischenfrequenz wird durch Anwendung von Bandfiltern sauberer abgestimmt. — Häufig sind Dreiröhren-Empfänger mit einer Hochfrequenzstufe und zwei Abstimmkreisen zu finden, die schon ehrlichen Fernempfang und eine recht gute Trennschärfe ergeben, namentlich in Verbindung mit einem Sperrkreise, den man immer öfter eingebaut oder einsetzbar antrifft. Im gleichen Sinne wirkt die Abstimmung des Luftdrahtes selbst, auf die im Gegensatz zur Mode der letzten Jahre wieder zurückgegriffen wird und die bei halbwegs guten Luftdrähten auch eine bedeutende Erhöhung der Empfangslautstärke bringt. Desgleichen ist als Mode oder eigentlich mehr als Nachgiebigkeit der Firmen gegenüber dem Unverstand der Käufer anzusehen die Verwendung von Schirmgitterröhren für das Audion und wohl auch für die Endstufe. — Bei Vierröhrengeräten ist die Schaltung nicht mehr ganz einfach, und meist sieht die Verdrahtung und die Anordnung der kleinen Einzelteile recht verwickelt aus. Daß sie sehr übersichtlich gemacht werden kann, was Herstellung, Prüfung, Reparatur und Ersatz erleichtert, zeigt Abb. 4, die geöffnete Unterseite eines solchen Empfängers der Reico-Gesellschaft, Berlin. — Die Elektrizitätswerke unterlassen es aus Geldmangel bis auf weiteres, die restlichen Gleichstromnetze auf Wechselstrom umzustellen. Es ist daher noch ein ziemlicher Bedarf an hochwertigen Gleichstromempfängern vorhanden, der erst jetzt durch die neu herausgekommenen indirekt geheizten Röhren für Gleichstrom befriedigt werden kann. Den inneren Aufbau dieser Röhren zeigt Abb. 5. Die im Innern der Kathode befindliche Heizspirale benötigt 20 V und 0,18 A. Dreiröhren- und Vierröhrenempfänger, in die Akkumulator und Anodenbatterie ohne Schnurverbindungen eingesetzt werden und sich durch Federkontakte anschließen, stellt R. Brandt, Berlin, her. Abb. 6 zeigt ein derartiges Gerät in Gehäuse aus kaukasischem Nußbaum mit eingebautem Lautsprecher und vier Röhren, deren erste ein Schirmgitter hat. Auf einen Markt für solche Empfänger hofft man mit der Begründung, daß nur etwa die Hälfte aller deutschen Haushalte Netzanschluß besitzt; aber es ist — abgesehen von Wochenend- und Landhäuschen — die weniger zahlungsfähige Hälfte. — Still in die Versenkung verschwunden sind die im Vorjahre aufgekommenen Stabröhren, weil deren Nachteile (vor allem starke Frequenzabhängigkeit der Verstärkung) die geringen Vorteile überwiegen.

Abb. 4. Unterseite eines Reico-Vierröhren-Empfängers.

Anode
Kathode
Faden
Gitter

Abb. 5. Schnitt durch den Systemaufbau einer indirekt geheizten Telefunken-Gleichstromröhre.

Abb. 6. Vierröhren-Empfänger von R. Brandt, Batterien und Lautsprecher eingebaut.

Abb. 7. Dynamischer Lautsprecher mit Stahlmagnet des Sachsenwerkes, Rückseite.

Auf dem Gebiete der Lautsprecher fällt auf, daß fast alle Firmen kleine dynamische Lautsprecher zu sehr niedrigen Preisen herausgebracht haben, deren Leistung dennoch für den Zimmergebrauch mehr als ausreichend ist. Die Entwicklung erinnert sehr an den Siegeszug der Drehspule bei Gleichstrom-Meßgeräten. Um die wegen der besonderen Zuleitung und des Strombedarfs unangenehme elektrische Erregung des Feldes zu ersparen, versucht man sie mit Erfolg durch einen Stahlmagnet zu ersetzen. Eine endgültige Form dafür ist noch nicht gefunden. Einen C-förmigen Magnet, der mehrere Kilogramm schwer ist, aber dafür auch gute Lautstärke ergibt, hat das Sachsenwerk (Abb. 7) gewählt. — Der sog. Induktorlautsprecher von Farrand, ausgeführt von Neufeldt & Kuhnke, Kiel, ist durch kammförmige Polschuhe

verbessert worden, die angeblich eine bessere Wiedergabe der höheren Sprechfrequenzen bewirken. Ferner ist eine einfachere Form (Abb. 8) des Induktorlautsprechers aufgetaucht, die u. a. von Graß & Worff, Berlin, gebaut wird. Bei ihr schwingt ein einziger Anker vor den beiden Magnetpolen. — Auch die bekannten magnetischen Vierpol-Lautsprecher strengen sich an, den dynamischen nachzukommen. Neu ist die doppelte Regelung bei einem Lautsprecher der Wurzener Metallwarenfabrik G. m. b. H.: es läßt sich sowohl durch eine hebelbediente Nockenscheibe, die den Hufeisenmagnet spreizt, der Luftabstand zwischen Magnetpolen und Anker je nach der gewünschten Empfindlichkeit einstellen, als auch durch eine Schnittschraube der Anker in die neue Mittellage bringen.

Abb. 8. Schema des „Freischwinger"-Lautsprechers von Graß & Worff.

Abb. 9. Frequenzuhr der Lenzola G. m. b. H.

Unter dem Namen Frequenzuhr (Abb. 9) stellt die Lenzola G. m. b. H., Krefeld, eine Einrichtung aus, die zur Prüfung von Lautsprechern auf richtige Wiedergabe

Abb. 10. Führung des Schallschreibers der AEG.

dient. Sie ist nach Angaben von Dornig von der Conz AG. gebaut und besteht aus einem Wechselstromumformer, der bis zu 6800 Hz liefert und mit einem in

Abb. 11. Selbsttätiger Plattenwechsler von Konski & Krüger.

Hertz geeichten Tachometer verbunden ist. Man bringt den Umformer auf höchste Geschwindigkeit und läßt ihn dann mit angeschaltetem Lautsprecher auslaufen, wobei das ganze akustische Frequenzbereich in etwa ¼ min bestrichen wird. Unerwünschte Resonanzstellen u. dgl. lassen sich dabei deutlich abhören.

An Schallabnehmerdosen sind zwar neue Formen versucht worden, als nützliche Neuheit ist aber nur die (anscheinend auch sonst gute) Dose der Radio AG. Dr. S. Loewe, Berlin-Steglitz, anzusehen. Der Anker besitzt keine Schraube o. dgl. zum Festhalten der Nadel, sondern nur ein elliptisches Loch, in das die Nadel gesteckt wird, wobei der Magnetismus sie gegen Wiederherausfallen sichert; beim Aufsetzen der Dose auf die Platte legt sich die Nadel von selbst so in die Winkel des Loches, daß sie durch Keilwirkung vollkommen festsitzt. An Trägheitsmoment des Ankers wird dadurch merklich gespart.

Abb. 12. Sprechmaschinennadel „Mil-odi".

Abb. 13. Fernsehempfänger der Radio AG. Dr. S. Loewe.

Eifrig gearbeitet wird an Geräten zur Selbstaufnahme von Schallplatten. Die wertvollste Anwendung, einwandfreie Wiedergabe vorausgesetzt, ist wohl nicht die Herstellung von Tonbriefen oder die Aufnahme des Rundfunks, sondern daß man damit imstande ist, seine eigene Stimme nachzuprüfen und so zu verbessern. Es ist merkwürdig genug, daß die Phonographie für den Hausgebrauch der Photographie gegenüber um mehrere Jahrzehnte zurück ist. Auch jetzt ist noch keine ganz befriedigende Lösung vorhanden. Alle Verfahren benutzen einen Röhrenverstärker. Am technisch vollkommensten ist wohl das von Dralowid, bei dem mit Stahlnadeln in eine weiche, auf eine Blechscheibe aufgetragene Masse geschnitten wird. Diese muß nachträglich durch längeres Erwärmen gehärtet werden. Das ist schon deswegen ein Nachteil, weil der Amateur selbst das Härten im allgemeinen nicht wird ausführen können. Andere Verfahren (M. Braun, Frankfurt a. M., Hoffmann & Co. G. m. b. H., Berlin, S & H) benutzen Platten aus gehärteter Gelatine, die mit einem Saphir geschnitten werden. Selbst dieser muß nach 15 ... 20 Platten erneuert werden, und die Wiedergabe kann sicher nicht so oft erfolgen wie bei einer gewöhnlichen Schallplatte. Die AEG schneidet mit einem Stahlstichel in eine besonders weiche Aluminiumplatte. Recht hübsch ist dabei die Führung des Schallarmes (Abb. 10) durch eine auf die Plattenachse gesetzte flache Spirale. Zur Wiedergabe wird eine Holznadel benutzt. Bei einem anderen Verfahren (Dr. Dietz & Ritter, G. m. b. H., Leipzig) wird der Ton-

Abb. 14. Elektrolyt-Aluminiumkondensator von Dr. Dietz & Ritter.

Abb. 15. Seitenansicht und Querschnitt des Steckers von Grünstein.

arm nicht besonders geführt, sondern es werden Platten verwendet, die fast so hart wie gewöhnliche Schallplatten sind und eine vorgeschnittene Rille besitzen. In diese Rille wird bei der Aufnahme die Schallkurve eingedrückt. Das Ergebnis soll wider Erwarten befriedigend sein.

Verhältnismäßig einfache und billige Apparate, die 8 Schallplatten nacheinander einseitig abspielen, waren bei Dr. Dietz & Ritter und bei Konski & Krüger, Berlin (Abb. 11), zu sehen. Die Platten fallen einzeln vom Vorratstapel auf den Plattenteller, wenn sie durch eine ankergangartige Sperrung ausgelöst werden, die nach dem Abspielen jeder Platte zur Wirkung kommt. Natürlich hat eine solche Einrichtung nur Sinn, wenn die Nadel eine so lange oder noch längere Spieldauer verträgt. Die „Mil-odi"-Nadel (Abb. 12) scheint die Aufgabe zu lösen. Die eigentliche von der Schallrille geführte Spitze ist ein dünner Wolframdraht *b*, der ein wenig aus einer auf dem Schafte *a* sitzenden, etwa 2 mm starken Graphithülle *c* herausragt, welche ihrerseits auf der Plattenoberfläche gleitet. Wolfram und Graphit müssen sich dabei gleichmäßig abnutzen.

Abb. 16. Dreipoliger Umschalter von Biermann.

geräten höchst störenden und schädlichen Spannungsschwankungen der Wechselstromnetze auszugleichen. Es bestand aus einer Art Voltmeter, das einen Transformator mit angezapften Windungen mechanisch auf das geeignete Übersetzungsverhältnis schaltete. Selbstverständlich kann ein solches Gerät nicht plötzlich reagieren. Bei einer neuen Bauart derselben Firma wird ein gesättigter Transformator benutzt, der zwar keine Verzögerung hat, aber nur innerhalb eines bestimmten Stromentnahmebereichs richtig arbeitet.

Einige Fernsehsysteme wurden im Betriebe vorgeführt, über Leitungen, so daß alle Schwierigkeiten der drahtlosen Übertragung wegfielen. Gegenüber dem Vorjahre sind mehrere Verbesserungen geschaffen worden. Vergrößerte Lichtstärke ergibt die Spiegelschraube der Telehor AG., Berlin. Einen recht schönen Erfolg hat v. Ardenne zu verzeichnen, der die Braunsche Röhre sowohl zum Senden als auch zum Empfangen benutzt (Abb. 13). Dennoch darf man wohl sagen, daß auf diesem Gebiete eine bloße Weiterentwicklung hoffnungslos ist.

Das Heinrich Hertz-Institut hat in einer besonderen Halle Instrumente für elektrische Primärmusik ausgestellt: das von Theremin, das Trautonium, das Hellertion und das Klavier von Nernst. Sehr interessant und geistvoll ist jedes derselben; darüber im einzelnen zu berichten, würde hier viel zu weit führen. — Im gleichen Raume war ein kleiner Kurzwellensender aufgestellt, der durch einen Turmalinkristall (Hersteller Carl Zeiß AG., Jena) gesteuert war. Aus nicht recht ersichtlichen Gründen lassen sich damit kleinere Wellenlängen (bis zu 2 m herunter) erreichen als mit Quarz.

Ziemlich gering ist die Ausbeute an neuartigen Einzelteilen. Die Ehrich & Grätz AG., Berlin, sowie Dr. Dietz & Ritter brachten Aluminiumkondensatoren (Abb. 14) mit flüssigem Elektrolyt in Bechern von etwa 40 · 100 mm, die bei einer Kapazität von 8 μF 500 V vertragen. Solche Kondensatoren sind längst bekannt, nicht aber die bis auf ein kleines Gummiventil geschlossene Bauart. Das Material wurde so verbessert, daß eine lange Lebensdauer gesichert ist. Gegenüber anderen Kondensatoren besteht der Vorteil darin, daß sie kurzzeitige Überspannungen beliebiger Höhe durchlassen, ohne Schaden zu nehmen. Der durchgelassene Strom beträgt bei 220 V Gleichstrom unter 0,5 mA.

Abb. 17a. Radiofernschalter der Nora G. m. b. H.

Abb. 17b. Schaltung des Radiofernschalters.

Abb. 18. Regelwiderstand „Rotofil" von Dralowid, Steatit-Magnesia AG.

Abb. 19. „Symbol des Deutschen Rundfunks".

Bekanntlich wird die Wiedergabe von Schallplatten namentlich bei großer Verstärkung durch das Kratzgeräusch der Nadel beeinträchtigt. Sein Frequenzband ist ziemlich breit, das Maximum pflegt in der Gegend von 5000 Hz zu liegen. Es ist bekannt, daß man durch auf diese Frequenz unscharf abgestimmte Sperrkreise das Nadelgeräusch unterdrücken kann. J. Feldman, Berlin, stellt ein solches Zusatzgerät her, das als Kurzschlußkreis geschaltet ist. Natürlich schädigen alle solche Mittel auch die feinen Obertöne von Sprache und Musik.

Im Vorjahre haben Dr. Dietz & Ritter ein Gerät vorgeführt, das den Zweck hat, die bei Netzanschluß-

Sätze von zwei bis drei Luft-Drehkondensatoren, deren Abweichungen untereinander weniger als 0,5 % betragen, stellt die Nürnberger Schraubenfabrik für Mehrkreisempfänger her. — Sperrkreise als Zusatzgeräte sind in vielen Ausführungen vorhanden, aber nur die „Beteco", Herm. Strumpf G. m. b. H., Berlin, und Dr. Seibt bauen einen Luftkondensator ein. Preis und Raumbedarf steigen dadurch freilich; aber es lohnt sich, denn ein Sperrkreis kann nicht gut genug sein.

Insbesondere für Kofferempfänger bestimmt sind völlig säuredichte Akkumulatoren der Varta AG., die ohne Schaden auf den Kopf gestellt werden können.

Jahr um Jahr tauchen neue Stecker auf, auch diesmal 2 oder 3. Nicht übel ist das Modell von Grünstein, Berlin (Abb. 15), das sehr kräftigen Druck ergibt. — Vorzüglich durchgebildet sind die Starkstrom-Kippschalter von K. Biermann, Berlin-Johannisthal (Abb. 16) für Ströme bis zu 4 A, die bis zu 3 Stromkreisen schalten oder umschalten.

Häufig besteht der Wunsch, Rundfunkempfänger aus einiger Entfernung, z. B. vom Speisetisch oder vom Bett aus, in und außer Tätigkeit zu setzen. Für die Bedienungsleitung kommt Starkstrom wegen der umständlichen Montage nicht in Frage, anderseits sind Batterien unbequem. Die Nora G. m. b. H. hat die Aufgabe einfach dadurch gelöst, daß sie in ihren „Radiofernschalter" (Abb. 17a zeigt ihn geöffnet, Abb. 17b seine Schaltung) einen kleinen Transformator eingebaut hat, der die Spannung von 40 V für die in beliebiger Zahl anzuordnenden Druckknöpfe liefert. Das Relais des Fernschalters arbeitet so, daß jeder zweite Tasterdruck ein- bzw. ausschaltet.

Der kleine Regelwiderstand „Rotofil" (Abb. 18) von Dralowid ist eine hübsche Neuheit. Sein Drehgriff samt Achse wandert, da sie mit kleinen Zahnrädern in die zwei als Zahnstangen wirkenden Längsschrauben eingreift. Letztere drücken zugleich die auf der Achse sitzende Stromabnehmerrolle gegen die Oberfläche der Drahtwicklung. Bei einer Gesamtlänge des Gerätes von 45 mm werden bis zu 10 000 Ω untergebracht. — Wo hohe genaue Widerstände einzubauen sind, kann man sich vorteilhaft der neuen Silko-Widerstandsbänder der Wego-Werke AG., Freiburg, bedienen, eines sehr gediegen aussehenden Seidengewebes. Damit hergestellte Widerstände sind in Form von Stäben usw. fertig erhältlich.

Die Amplitudenröhre der Deutschen Glimmlampen G. m. b. H. dient zum Nachweis der Augenblickswerte von Spannungen in der Größenordnung von 200 V. Sie ist insbesondere zur Kontrolle der Aussteuerung von Endverstärkern bestimmt, eignet sich aber auch sehr gut, wie Berichterstatter versucht hat, rasch umlaufend als Oszillographenersatz. — Ein sehr schön durchgebildetes Meßgerät von Robert Abrahamsohn, Berlin, gestattet die schnelle Durchprüfung von Röhren, auch solchen mit Schirmgitter.

Die Statistiker benutzen bekanntlich umständliche Mittel, um einfache Dinge auszudrücken. Neben einem derartigen Gebilde, das das Vorhandensein von Beziehungen zwischen den europäischen Rundfunksendern darzustellen versucht, steht ein anderes (Abb. 19) ähnlicher Bauweise. Aber es sollte ein Kunstwerk sein und nannte sich „Symbol des Deutschen Rundfunks"! In dieser Weise darf sich die Kunst nicht an die Technik anbiedern.

Der Internationale Beleuchtungskongreß vom 1. bis 19. September 1931.

Von Dr. **F. Born**, Berlin.

Der in England abgehaltene Kongreß der Internationalen Beleuchtungskommission, deren Tagungen in Abständen von je drei Jahren stattfinden[1], bezweckte eine eingehende Aussprache der Beleuchtungsingenieure und Wissenschaftler über die z. Z. wichtigsten Probleme aus dem Gebiet des Lichtes und der Beleuchtung. Es waren etwa 500 Vertreter aus den 14 der Internationalen Beleuchtungskommission angehörenden Ländern anwesend. Die Vorbereitung und Durchführung der Tagung lag in Händen des Englischen Nationalen Komitees unter der Leitung des Präsidenten der Internationalen Beleuchtungskommission, Herrn C. C. Paterson, des Ehrensekretärs Dr. I. W. T. Walsh, des Sekretärs Dr. W. S. Stiles, des Ehrengeneralsekretärs des Kongresses, Col. C. H. S. Evans und des Vorsitzenden des Allgemeinen Rates Lt. Col. K. Edgcumbe. Von deutscher Seite nahmen an der Tagung teil die Herren: Dr. L. Bloch, Dr. F. Born, Regierungsrat W. Dziobek, Dipl.-Ing. O. Höpcke, Dipl.-Ing. O. Klapp, Direktor Dr. A. R. Meyer, Dr. K. Norden, Direktor Professor Pirani, Direktor M. Rall, Dr. O. Reeb, Dr. J. J. Schneider, Obering. L. Schneider, Prof. I. Teichmüller, Obering. W. Wissmann und Dipl.-Ing. A. A. Wohlauer.

Der Kongreß umfaßte eine Studienreise durch England und Schottland und technische Verhandlungen, die in Cambridge abgehalten wurden.

Die Studienfahrt durch die Städte London, Glasgow, Edinburgh, Sheffield (Buxton) und Birmingham gab den Teilnehmern Gelegenheit zu einem sehr interessanten und umfassenden Einblick in den Stand des englischen Beleuchtungswesens. Aus der Fülle der beleuchtungstechnischen Veranstaltungen und Besichtigungen seien erwähnt: die zu Ehren des Internationalen Beleuchtungskongresses ausgeführte Flutlichtanstrahlung der wichtigsten Gebäude in London, der Burg in Edinburgh, vieler öffentlichen Gebäude in Birmingham und Cambridge, Vorführung von Befeuerungs- und Beleuchtungsanlagen auf dem Flughafen Croydon, Besichtigung der Straßenbeleuchtung in den verschiedenen Städten, insbesondere einer Versuchstraße in Birmingham, Vorführung von Beleuchtungseinrichtungen für Kraftfahrzeuge in Cambridge, Besichtigung bemerkenswerter Beleuchtungsanlagen von Innenräumen, z. B. der großen Londoner Hotels, des Untergrundbahnhofes Piccadilly usw. Sehr anregend waren ferner die technischen Besichtigungen in den verschiedenen Städten, z. B. des Deptford-Elektrizitätswerkes in London, des Greenwich-Oberservatoriums, der Versuchslaboratorien der General Electric Company in Wembley, des National Physical Laboratory in Teddington, verschiedener Stahl- und Silberwerke und der städtischen Werke in Sheffield, der Automobilzubehörfabrik von Lucas und der Glas- und Optischen Werke von Chance Brothers in Birmingham.

Während der Studienreise fanden ferner eine Reihe technischer Sitzungen statt, auf denen die eingereichten Arbeiten vorgetragen und diskutiert wurden. Die Vorträge waren in folgende Gruppen zusammengefaßt: Entwicklung des Beleuchtungswesens, physiologische Probleme, Lichtquellen, Heimbeleuchtung, Straßenbeleuchtung, architektonische Beleuchtung, Fabrikbeleuchtung, Automobilbeleuchtung, Flugverkehrsbeleuchtung, Eisenbahnbeleuchtung, Verkehrszeichen, Grubenbeleuchtung, Kinobeleuchtung, Beleuchtung in Landwirtschaft und Gartenbau, farbige Signalgläser, lichtzerstreuende Stoffe, Lichtverteilung, photometrische Genauigkeit, heterochromatische Photometrie und Tageslichtbeleuchtung. Es ist natürlich nicht möglich, im Rahmen dieses Berichtes näher auf die rd. 120 Arbeiten einzugehen[2].

In ähnliche Abteilungen waren auch die technischen Verhandlungen in Cambridge gegliedert, die sich jedoch nach Inhalt und Zweck von den erwähnten technischen Sitzungen in den Städten unterschieden. Gemäß den Satzungen der Internationalen Beleuchtungskommission[3] sind die verschiedenen Sachgebiete den einzelnen Nationalen Komitees zur Bearbeitung zugeteilt. Das Deutsche Komitee z. B. bearbeitete das Gebiet der lichtzerstreuenden Stoffe und der Straßenbeleuchtung. Der von den zuständigen Komitees ausgearbeitete Bericht über die Tätigkeit auf dem betreffenden Gebiet während der letzten drei Jahre, über die Untersuchungen und Fortschritte in den einzelnen Ländern und über die Probleme, die sich für die weitere Arbeit und Forschung ergeben, lag den Verhandlungen der einzelnen Gruppen in Cambridge zugrunde. Das Ziel der Verhandlungen war, durch eingehende internationale Aussprache „Empfehlungen" herauszuarbeiten, die dem augenblicklichen Stand der Wissenschaft und Technik des Beleuchtungswesens entsprechen, und Richtlinien für die einheitliche Gestaltung und Entwicklung der Beleuchtung aufzustellen. Darüber hinaus wurden Arbeitsprogramme für die Untersuchung noch schwebender Fragen entworfen.

Im folgenden werden die wichtigsten Ergebnisse der Cambridger Verhandlungen mitgeteilt:

Studienkomitee für Straßenbeleuchtung. Das Bestreben, die Straßen nach der Art ihrer Beleuchtung einheitlich einzuteilen, ließ sich noch nicht verwirklichen. Es wurde vereinbart, weiter in dieser Richtung zu arbeiten, und zu diesem Zweck Richtlinien aufgestellt, nach denen Mitteilungen über Straßenbeleuchtungsanlagen abgefaßt werden sollen. Außer der mittleren und

[1] Die letzte Tagung fand im Jahre 1928 in Saranac Inn (U.S.A.) statt. Licht u. Lampe Bd. 18, H. 1 u. 2 (1929).

[2] Es ist beabsichtigt, über die wichtigsten von diesen Arbeiten in der Rundschau der ETZ zu berichten.

[3] Vgl. A. R. Meyer, Licht u. Lampe Bd. 18, H. 1 u. 2 (1929).

geringsten Beleuchtungsstärke sollen auch die Leuchten in ihren Einzelheiten beschrieben, der Gas- bzw. Stromverbrauch, der Abstand, die Aufhängehöhe und die Art der Anordnung angegeben werden. Die Aufmerksamkeit der Nationalen Komitees wurde ferner auf die Untersuchung der Vertikalbeleuchtungstärke und auf die Beziehung zwischen Beleuchtung und Leuchtdichte der Straßenoberfläche gelenkt.

Das Studienkomitee für lichtzerstreuende Stoffe befaßte sich mit den Methoden zur Bestimmung der Eigenschaften von Opalgläsern und ihrer Kennzeichnung.

Das Studienkomitee für das Wörterbuch behandelte die Aufnahme der vorliegenden Ausdrücke in das Wörterbuch.

Das Studienkomitee für Einheiten und Bezeichnungen vereinbarte die Benutzung des Buchstabens „n" für den Brechungsindex. Bei Veröffentlichungen sollen in Zukunft photometrische Größen außer in den nationalen Einheiten auch in cgs-Einheiten ausgedrückt werden. Als Einheit der Beleuchtungstärke kann der 10 000ste Teil der Grundeinheit, das Lux (1 Lumen/m²), benutzt werden. Die Schaffung eines besonderen Ausdruckes für den Lichteindruck, den punktförmige Lichtquellen (z. B. Sterne) hervorrufen, wurde angeregt.

Studienkomitee für Kraftfahrzeugbeleuchtung. Es wurde Übereinstimmung erzielt über den Begriff der „Reichweite" von Automobilscheinwerfern. Unter „Reichweite" soll die Entfernung verstanden werden, in welcher die Vertikalbeleuchtungsstärke 1 Lux beträgt. Das Komitee war einstimmig der Ansicht, daß unter den heutigen Verkehrsbedingungen zwei verschiedene Lichtarten für Kraftfahrzeuge erforderlich sind, nämlich das Fernlicht für die freie Fahrt auf der Landstraße und das abgeblendete Licht für Begegnungen. Für das Fernlicht wurde eine Mindestbeleuchtungstärke von 1 Lux und eine Höchstbeleuchtungstärke von 25 Lux in 100 m Entfernung empfohlen. Eine längere Aussprache über die Beleuchtungsvorrichtungen, die das Fahren im Nebel erleichtern, ergab die übereinstimmende Ansicht, daß farbiges Licht gegenüber weißem Licht keine Vorteile aufweist. Die Lösung des Problems wurde vielmehr in der Benutzung abwärts gerichteten Lichtes erblickt.

Das Studienkomitee für Fabrik- und Schulbeleuchtung empfahl die Ausführung weiterer Untersuchungen über die günstigste Beleuchtungsstärke für verschiedene Arbeitsarten unter besonderer Berücksichtigung der Vermeidung von Augen- und Nervenermüdung. Die Zusammenarbeit mit medizinischen Sachverständigen und Gesundheitsämtern bei diesen Untersuchungen wurde angeregt. Es wurde ferner auf die Notwendigkeit hingewiesen, die Behörden und Betriebsleitungen über die gesundheitlichen und arbeitstechnischen Vorteile guter Beleuchtung aufzuklären.

Das Studienkomitee für heterochromatische Photometrie vereinbarte bestimmte Bedingungen, unter denen die Untersuchungen zur Ausarbeitung einer einheitlichen Meßmethode für farbige Lichtquellen ausgeführt werden sollen.

Das Studienkomitee für Signalgläser beschloß, Arbeiten zur Schaffung von Grundlagen für die Auswahl der Signalgläser in den verschiedenen Anwendungsgebieten in Angriff zu nehmen.

Studienkomitee für Verkehrssignale. Die Anordnung der Farben für Verkehrssignale soll in Neueinrichtungen folgendermaßen gewählt werden: rot — links oder oben, gelb — in der Mitte, grün — rechts oder unten. Der Linsendurchmesser der Apparate soll nicht kleiner als 20 cm sein und die Leistungsaufnahme der benutzten Lampen mindestens 60 W betragen. Es soll untersucht werden, mit welchen optischen Mitteln die Anforderungen hinsichtlich Streuung nach den erforderlichen Richtungen am besten erfüllt werden können. Ferner soll versucht werden, statistisches Material über den Einfluß der Verkehrsregelung durch Verkehrssignale auf die Verkehrssicherheit zu erhalten.

Das Studienkomitee für photometrische Prüfflächen bestätigte seinen früheren Beschluß, daß Beleuchtungsmessungen im allgemeinen in einer Horizontalebene 85 cm über dem Boden ausgeführt werden sollen, und gab Anregungen zur Untersuchung der Reflexionseigenschaften photometrischer Prüfflächen.

Studienkomitee für Genauigkeit in der Photometrie. Auf Grund vorliegender Untersuchungen wurde festgestellt, daß bei einer Beleuchtungstärke von 5...20 Lux auf dem Photometerschirm die Meßgenauigkeit subjektiver Messungen am größten ist. Das Komitee beschäftigte sich ferner mit der Erörterung der Größenordnung des mittleren Fehlers bei der Messung nicht farbgleicher Lichtquellen sowie bei betriebsmäßigen Messungen.

Das Studienkomitee für Verteilung des Lichtstromes empfahl, für eine gemeinsame Klassifikation die folgenden Begriffe zu verwenden: indirekt, halbindirekt, gleichförmig, halbdirekt und direkt. Ferner soll der Begriff der Streuung von Flutlichtleuchten näher definiert werden.

Das Studienkomitee für Tageslichtbeleuchtung bezeichnet die Kurven gleicher Tageslichtfaktoren für die Beurteilung der Beleuchtung durch Tageslicht als vorteilhaft. Innenräume oder Teile von Innenräumen, in denen der Tageslichtfaktor in 85 cm Höhe kleiner als 0,2 % ist, sind für die Ausführung feinerer Arbeiten (Schreibarbeiten) als unzureichend beleuchtet zu bezeichnen.

Das Studienkomitee für Blendung gab mehrere Anregungen zur Ausführung weiterer Untersuchungen über die verschiedenen Wirkungen der Blendung. Die von dem bearbeitenden Komitee vorgeschlagene Definition der Blendung wurde den Nationalen Komitees zur Betrachtung empfohlen, und es wurde gebeten, eine einheitliche Definition der Blendung für die nächste Vollversammlung vorzubereiten.

Das Studienkomitee für Kolorimetrie arbeitete die Grundlagen für eine einheitliche Festlegung kolorimetrischer Größen aus. Die Eigenschaften eines Standard-Bezugsbeobachters wurden festgelegt und Normal-Lichtquellen für die Kolorimetrie vorgeschlagen. Die näheren Bedingungen, unter denen kolorimetrische Messungen reflektierender und undurchlässiger Materialien ausgeführt werden sollen, wurden vereinbart. Als kolorimetrisches Normalsystem wurde ein bestimmtes, näher bezeichnetes trichromatisches System angegeben.

Das Studienkomitee für photometrische Einheiten erörterte die Schaffung einer international gültigen Lichteinheit und besprach die Wege zu ihrer Verwirklichung.

Das Studienkomitee für Flugverkehrsbeleuchtung beriet die im April 1930 in Berlin aufgestellten „Vorläufigen Empfehlungen"[4] über die verschiedenen Beleuchtungs- und Befeuerungseinrichtungen im Luftverkehr. Die Berliner Empfehlungen wurden zum größten Teil bestätigt, teilweise wurde der Text kürzer und genauer abgefaßt. Die Vereinbarung einer besonderen Farbe für Flughafen-Umrandungsfeuer wurde angeregt. Eine längere Erörterung entspann sich über die Größe des Schwellenwertes der Augenempfindlichkeit, der der Berechnung der Flugstrecken- und Ansteuerungsfeuer zugrunde zu legen ist. Die Ausführung weiterer Versuche hierzu unter praktischen Flugbedingungen wurde empfohlen. Wertvolle Arbeit wurde durch Festlegung einander entsprechender Ausdrücke und Begriffsbestimmungen der im Befeuerungswesen in der Luftfahrt üblichen Einrichtungen in den drei Sprachen Deutsch, Englisch und Französisch geleistet, so daß damit die Grundlage für internationale Verständigung geschaffen ist. Die Beantwortung eines von der amerikanischen Kommission ausgearbeiteten Fragebogens durch einige der Mitgliedsländer gibt einen guten Überblick über den Stand des Beleuchtungswesens im Luftverkehr in diesen Staaten.

Das Studienkomitee für Verbreitung lichttechnischer Kenntnisse forderte die Berücksichtigung der Lichttechnik als Lehrgegenstand an Mittelschulen, die Einrichtung lichttechnischer Vorlesungen im Lehrgang der Architektur-Abteilungen der Technischen Hochschulen, sowie die Schaffung lichttechnischer Institute an mindestens einer Technischen Hochschule in jedem Lande. Kleineren Ländern wird die Unterstützung eines Institutes in einem Nachbarland empfohlen. Den Elektrizitäts- und Gaswerken wird dringend nahegelegt, einen lichttechnisch ausgebildeten Werbeingenieur zu beschäftigen.

Im Studienkomitee für Anwendung der Beleuchtungstechnik wurde der Notwendigkeit Ausdruck gegeben, eine engere Zusammenarbeit zwischen Architekten und Beleuchtungsingenieuren einzuleiten, um die Beziehungen zwischen Beleuchtung und Architektur zu vertiefen. Ferner wurde der Wunsch geäußert, Einzelteile der Beleuchtungsgeräte zu normen.

Das Ergebnis der Beratungen ist in Form von „Empfehlungen" durch die Schlußversammlung angenommen

[4] Vgl. F. Born, ETZ 1930, S. 1202.

worden. Nach Verlauf einer Einspruchsfrist von vier Monaten werden die Empfehlungen als endgültig bezeichnet. Die Schlußversammlung nahm ferner eine Umgruppierung und Erweiterung der Zahl der Studienkomitees vor. Deutschland wurde die Bearbeitung folgender drei Gebiete übertragen: Kolorimetrie, lichtzerstreuende Stoffe und Schattenfragen. Die Wahl des Präsidenten für die nächste dreijährige Amtsperiode fiel auf den bisherigen deutschen Vizepräsidenten, Herrn Dir. Dr. A. R. Meyer. Zu Vizepräsidenten wurden bestimmt die Herren de la Paulle (Belgien) und Dr. N. A. Halbertsma (Holland). Die nächste Tagung im Jahre 1934 soll auf Einladung der deutschen Delegation in Deutschland stattfinden.

Zusammenfassend muß festgestellt werden, daß dank der hervorragenden Organisation und der eingehenden Vorbereitungen durch das englische Nationale Komitee die Tagung in England einen vollen Erfolg zu verzeichnen hat. Die zahlreichen gelungenen gesellschaftlichen Veranstaltungen und offiziellen Empfänge, bei denen die auswärtigen Teilnehmer Gäste des englischen Komitees bzw. der Stadtverwaltungen der verschiedenen Orte waren, die Besichtigungen architektonischer, historischer und künstlerischer Sehenswürdigkeiten und die gemeinsamen Ausflüge zum Firth of Clyde und in die Heimat Shakespeares seien dankbar erwähnt.

Ausnutzung und Schutz der Verteilungstromkreise (§ 14[8] der Errichtungsvorschriften).

Von Dr.-Ing. **W. Zimmermann**, Berlin.

Übersicht. Es wird untersucht, inwieweit die bisherigen 6 A-Sicherungsorgane die nach Maßgabe der zulässigen Belastung der Mindestquerschnitte in Verteilungsstromkreisen mögliche Stromentnahme erlauben und inwieweit sie anderseits den Leitungschutz gewährleisten. Dabei zeigt sich, daß die der Leitungsbelastung aus Sicherheitsgründen gezogenen Grenzen von den üblichen Sicherungsorganen, die sich als Nennstrom-Sicherungen kennzeichnen lassen, praktisch nicht voll ausgenutzt werden können. Die Gründe hierfür werden im einzelnen dargelegt.

Einleitung.

Nach den Errichtungsvorschriften des VDE (V.E.S. 1/1930, § 14[8]) soll die gemeinsame Sicherung mehrerer Verteilungsleitungen in Gebäuden nicht mehr als 6 A Nennstrom haben. Diese Bestimmung ist unverändert aus den früheren Errichtungsvorschriften übernommen worden, u. zw. trotzdem die für diese Stromkreise vorgeschriebenen Mindestquerschnitte von 0,5 bzw. 1,0 auf 0,75 bzw. 1,5 mm^2 erhöht worden sind. Diese Beibehaltung des 6 A-Sicherungsorganes bedeutet eine Beschränkung der Leitungsausnutzung, die um so unliebsamer empfunden wird, als die zunehmende Verwendung von Haushaltgeräten die Notwendigkeit erhöhter Stromentnahme mit sich bringt. Da die Verwendung der 10 A-Sicherung aus Sicherheitsgründen nicht angängig ist, kann die Verstärkung der Mindestquerschnitte nur in dem Maße nutzbar gemacht werden, wie sich die Stromentnahme aus dem 6 A-Sicherungsorgan erhöhen läßt. Inwieweit dies unter Wahrung des erforderlichen Leitungschutzes möglich ist, hängt sowohl von den Grenzen ab, die der Stromentnahme aus Hausinstallations-Stromkreisen durch ihre Eigenart (Querschnittsabstufung, Mindestquerschnitte) gesetzt sind, als auch von den Eigenschaften der Sicherungsorgane selbst.

Grenzen für die Stromentnahme.

Die Stromentnahme aus Leitungen wird durch die Eigenschaften des zu ihrem Schutz erforderlichen Sicherungsorgans bestimmt, dem die Aufgabe zufällt, eine gefährliche Erwärmung der Leitungen zu verhindern (V.E.S. 1, § 14 b). Um diesen Zweck in vollem Umfange zu erreichen, ist die Bestimmung getroffen, daß an allen Stellen, an denen sich der Querschnitt der Leitungen nach der Verbrauchstelle hin verringert, Sicherungen angebracht werden müssen, es sei denn, daß durch die davorliegende Sicherung auch der schwächere Querschnitt geschützt wird. Dies bedeutet, auf Hausinstallationen angewendet, daß die sog. Stromkreissicherung nach dem für die ortsveränderlichen und die Leitungen in Beleuchtungskörpern (Fassungsader) zugelassenen kleinsten Querschnitt bemessen werden muß.

Die heute durchweg übliche Art der Installation, bei der ein Verteilungstromkreis nur an seinem Anfang (hinter dem Zähler) gesichert wird, hat also zur Folge, daß der stärkere Querschnitt der festverlegten Leitungen (1,5 mm^2) nicht voll ausgenutzt werden kann. Wenn man sich hiermit abfindet, so liegt dies daran, daß die anderenfalls erforderliche dezentralisierte Anordnung von Sicherungen an Steckdosen und an Beleuchtungskörpern, die zwar eine volle Ausnutzungsmöglichkeit für jede der beiden Querschnittstufen bringen würde, und die in den ersten Anfängen der Installationstechnik einmal üblich gewesen ist, heute aus betriebstechnischen Gründen nicht mehr in Betracht gezogen werden kann.

Nach den V.E.S. 1 beträgt der geringstzulässige Querschnitt für bewegliche Leitungen bzw. für Fassungsadern zwar 0,75 mm^2, es muß aber in der Mehrzahl aller Anlagen noch mit dem Vorhandensein von 0,5 mm^2-Leitungen, insbesondere als Fassungsader in Beleuchtungskörpern, gerechnet werden. Ein Verschwinden dieser Leitungen aus den Anlagen wird auch auf längere Zeit hinaus nicht zu erwarten sein. Zudem darf nicht außer acht gelassen werden, daß diesem Leitungsquerschnitt mit der zunehmenden

Abb. 1. Erwärmung von Schnüren.

Verwendung elektrischer Haushaltgeräte, wenn sie im Anschluß an Fassungs-Schraubsteckdosen betrieben werden, auch größere Belastungen bis an die Grenze seiner Belastungsfähigkeit zugemutet werden. Nicht einmal in neuerrichteten Anlagen wird man aber Gewißheit haben, daß 0,5 mm^2-Leitungen nicht mehr vorkommen. Sie können nämlich, falls bei Umzügen alte Beleuchtungskörper angeschlossen werden, immer wieder auftauchen, denn es dürfte aussichtslos sein, etwa eine nachträgliche Auswechselung dieser Leitungen durchzusetzen.

Der Querschnitt 0,75 mm^2 darf nach der Belastungstafel des § 20 der V.E.S. 1 dauernd mit 9 A belastet werden. Dabei beträgt die Temperaturerhöhung für zwei in einem Rohr von 7 mm verlegte Fassungsadern 20 ° C (s. Abb. 1[1]). Bei einer Umgebungstemperatur von 30 ° C, wie sie der Belastungstafel zugrunde gelegt ist (s. Erläuterung Weber-Zaudy zu § 20, Regel 1 der V.E.S. 1), würde somit die Leitung eine Temperatur von 50 ° C annehmen können, die man bei Aufstellung der Belastungstafel als höchstzulässig für die Gummihülle angesehen hat.

[1] Nach R. Apt, ETZ 1927, S. 67, Abb. 2.

Schmelzsicherungen.

Um sich über die Leitungsausnutzung, die mit Schmelzsicherungen zu erreichen ist, und den Leitungsschutz, den sie verbürgen, Klarheit zu verschaffen, muß man sich die nach den K.P.I.-Bestimmungen möglichen Grenzen für die Abschaltstromstärke bei Dauerbelastung vor Augen führen.

Der minimale Prüfstrom der dem Querschnitt 0,75 mm² zugeordneten Sicherung von 6 A Nennstrom beträgt nach den K.P.I. $1{,}5 \cdot I_n$, der maximale $2{,}1 \cdot I_n$. Die Sicherung muß demnach eine Belastung mit 9 A 1 h lang aushalten, ohne abzuschmelzen, soll dagegen bei einer Belastung mit 12,6 A innerhalb 1 h abschmelzen. Der minimale Prüfstrom der 6 A-Sicherung stimmt also mit dem höchstzulässigen Dauerbelastungstrom für die 0,75 mm²-Leitung überein, so daß diese Sicherung den Leitungsquerschnitt voll auszunutzen gestatten müßte. Praktisch besteht diese Möglichkeit jedoch, wie später noch gezeigt werden wird, nicht.

Inwieweit ist nun aber auf der anderen Seite auch die Gewähr gegeben, daß durch eine solche Sicherung Überschreitungen des für die Leitung zulässigen Dauerstromes verhindert werden?

Abb. 2. Abschaltgrenzen der 6 A-Sicherungsorgane bei Dauerbelastung.

Wie aus der graphischen Darstellung in Abb. 2 abzulesen ist, besagt die K.P.I.-Bestimmung nichts anderes, als daß die Charakteristik der Schmelzsicherung die durch Schraffur hervorgehobenen Gebiete nicht durchschneiden darf, sonst aber nur irgendeinen Punkt mit der durch *A* und *B* gekennzeichneten Linie, die die Breite des Streubandes darstellt, gemeinsam haben muß. Dieser Punkt kann aber sowohl an der äußersten oberen als auch an der äußersten unteren Grenze liegen. Es genügt also den Anforderungen sowohl eine Sicherung, die eben über dem minimalen Prüfstrom anspricht, als auch eine solche, die gerade noch Belastungen wenig unterhalb des maximalen Prüfstromes dauernd aushält. Im Durchschnitt wird man voraussetzen können, daß der Mittelwert zwischen diesen beiden Grenzen eingehalten wird. Diese Stromstärke soll als „Grenzstrom" bezeichnet werden.

Es muß demnach bei einer 6 A-Sicherung mit $6 \cdot 1{,}8 = 10{,}8$ A mittlerer Dauerbelastung und im ungünstigsten Falle sogar mit $6 \cdot 2{,}1 = 12{,}6$ A gerechnet werden.

Bei diesen Belastungen würde sich eine 0,75 mm²-Leitung um 30 bzw. 40 ° C erwärmen, d. h. bei einer Umgebungstemperatur von 30 ° C auf eine Temperatur von 60 bis 70 ° C kommen können (s. Abb. 1). Diese Temperatur muß aber selbst für gummiisolierte Leitungen mit hochwertigster Isolation als die Grenze des gerade noch Zulässigen angesehen werden.

Unter Berücksichtigung des Streubandes der Schmelzsicherung ist es also um die Präzision, mit der der Leitungsschutz im Gebiet der Dauerbelastung für die 0,75 mm²-Leitung durch eine 6 A-Sicherung gewährleistet ist, nicht gerade hervorragend bestellt.

Noch viel ungünstiger liegen die Verhältnisse natürlich, wenn man auch die 0,5 mm²-Leitung mit in Betracht zieht. Bei diesem Querschnitt würden sich die entsprechenden Werte der Temperaturerhöhung auf 50 bzw. 65 ° C stellen, so daß sich also Endtemperaturen von 80 ... 95 ° C ergeben könnten.

Selbst wenn man aber von der 0,5 mm²-Leitung völlig absehen könnte, so hätte nach den vorstehenden Überlegungen die 6 A-Sicherung schon für den in Neuanlagen geringstzulässigen Querschnitt von 0,75 mm² als die Grenze des eben noch Zulässigen zu gelten. Jedenfalls kann eine Erhöhung der Stromkreissicherung auf 10 A, wie sie vielfach unter Berufung auf den 1,5 mm²-Querschnitt für die festverlegten Leitungen erwartet oder sogar gefordert wird, aus Sicherheitsgründen nicht in Betracht gezogen werden. Eine solche Sicherung würde nämlich schon für den 0,75 mm²-Querschnitt und daher erst recht für den 0,5 mm²-Querschnitt eine Gefährdung mit sich bringen.

Die 10 A-Sicherung würde für den günstigsten Fall, daß sie genau auf ihren minimalen Prüfstrom abgestellt wäre, dauernd 15 A führen können, was eine Temperaturerhöhung der 0,75 mm²-Leitung von rd. 60 ° C und folglich eine Endtemperatur von 90 ° C bedeuten würde. Bei Belastung mit dem Grenzstrom von 18 A würde die Übertemperatur auf 80 ° C steigen, und wenn man die obere Grenze des Streubandes noch in Betracht zieht, könnten sogar 21 A auftreten, die Temperaturerhöhungen in der Größenordnung von 100 ° C im Gefolge haben würden.

An Stelle einer Erhöhung der Stromkreissicherung wäre im Gegenteil aus Sicherheitsgründen noch eine Erniedrigung der höchstzulässigen 1 h-Abschmelzstromstärke bei der 6 A-Sicherung anzustreben. Der Spielraum von 40 % zwischen dem kleinsten und größten Prüfstrom bedeutet ja nichts anderes, als daß der Grenzstrom noch 20 % über dem kleinsten Prüfstrom liegt, der mit 9 A schon die eigentlich höchstzulässige Belastungsstromstärke der 0,75 mm²-Leitung erreicht.

Ob für die Schmelzsicherungen der bisherigen Art etwa aus fabrikationstechnischen Gründen auch heute noch ein so breites Streuband in Anspruch genommen werden muß, kann hier nicht erörtert werden. Ansätze zu einer Einengung des Streubandes sind jedenfalls neuerdings schon gemacht worden. In den demnächst erscheinenden internationalen Vereinbarungen der IFK ist z. B. als größter Prüfstrom der 1,9fache Nennstrom unter Beibehaltung des kleinsten Prüfstromes von $1{,}5 \cdot I_n$ festgelegt, was einer Herabsetzung des Grenzstromes vom 1,8fachen auf den 1,7fachen Wert des Nennstromes und einer mittleren Überschreitungsmöglichkeit des minimalen Prüfstromes von nur etwa 13 % entsprechen würde.

In diesem Zusammenhang sei noch darauf hingewiesen, daß in den französischen Vorschriften für Sicherungen zwar die Breite des Streubandes auch auf rd. 40 % festgelegt ist, daß es aber erheblich tiefer liegt, nämlich zwischen dem 1,1fachen und dem 1,5fachen Nennstrom, was einem Grenzstrom von $1{,}3 \cdot I_n$ entsprechen würde und somit eine geringere Ausnutzungsmöglichkeit des Leitungsquerschnittes bedeutet.

Man sollte nun annehmen, daß Schmelzsicherungen, deren Grenzstrom, wie oben gezeigt wurde, an und für sich sehr hoch liegt, und bei denen sogar mit Überschreitungen dieses Grenzstromes zu rechnen ist, sich in bezug auf die Leitungsausnutzung gerade sehr günstig verhalten müßten und in dieser Hinsicht am wenigsten zu Klagen Veranlassung geben sollten. Eigenartigerweise ist dem aber nicht so, sondern die Belastungsmöglichkeit läßt im Gegenteil sehr zu wünschen übrig.

Dieser Mangel liegt in der Natur der Schmelzsicherung begründet. Die Erwärmung des Schmelzleiters bei Strombelastung in Höhe des Grenzstromes ist schon so erheblich, daß man die Schmelzsicherung praktisch mit diesem Strom nicht dauernd belasten kann, vielmehr ihren normalen Betriebstrom wesentlich niedriger halten muß. Man hat daher als Nennstromstärke eine Stromstärke gewählt, welche die Schmelzsicherung erträgt, ohne sich unzulässig zu erwärmen, und legt diesen Wert auch bei der Querschnittsbemessung von Stromkreisen zugrunde. Die Schmelzsicherung wird also praktisch nicht nach ihrem Grenzstrom — der in Analogie zu der sonst üblichen Festlegung des Nennstromes elektrischer Geräte eigentlich als solcher bezeichnet werden müßte — benannt, sondern ihrer Klassifizierung wird ein Stromstärkenwert zugrunde gelegt, der mit der eigentlichen Funktion der Schmelzsicherung an sich gar nichts zu tun hat und lediglich durch ihre mehr oder weniger zufälligen Eigenschaften bestimmt ist. Man könnte daher solche Schmelzsicherungen, da die Begrenzung ihrer betrieblichen Belastbarkeit auf den Nennstrom eine für sie typische Eigenschaft ist, als „Nennstrom"-Sicherungen charakterisieren.

Welche Rolle die Erwärmung bei der Schmelzsicherung bisheriger Art spielt, geht ohne weiteres daraus hervor, daß ihr Schmelzleiter zum Ansprechen auf die Schmelztemperatur des Silbers, also rd. 960 ° C, erhitzt werden muß. Diese Temperatur tritt aber nicht etwa nur bei starken Überlastungen auf, sondern auch das Abschmelzen an der

untersten Belastungsgrenze erfordert schon so hohe Erwärmung. Bei Grenzstrombelastung kommt eine solche Nennstrom-Schmelzsicherung in ihrem Inneren also schon auf Temperaturen von etwa 900 ° C. Unter derartigen Bedingungen und Beanspruchungen des Schmelzleitermaterials braucht es nicht wunderzunehmen, daß die reine Schmelzdrahtsicherung eine große Präzision in der Abschaltung bei Dauerbelastung nicht besitzen kann.

Installations-Selbstschalter (I.S.-Schalter).

Die Leitungsausnutzung, die mit I.S.-Schaltern erreicht werden kann, und der Leitungsschutz, den sie gewährleisten, ergeben sich ebenso wie bei Schmelzsicherungen aus der Lage der Abschaltgrenzen.

Nach den VDE-Leitsätzen muß der 6 A-I.S.-Schalter einen minimalen Prüfstrom von mindestens 6,5 A (1,08 · I_n) und einen maximalen Prüfstrom von höchstens 11 A (1,835 · I_n) besitzen. Diese Werte gelten aber für eine ¹/₄stündige Belastungsdauer, abweichend von der 1stündigen Belastungsdauer, wie sie bei den Schmelzsicherungen zugrunde gelegt ist (Abb. 2).

Für die I.S.-Schalter wird also ein noch weiterer Spielraum zwischen minimalem und maximalem Prüfstrom zugelassen, als er bei den Schmelzsicherungen vorhanden ist. Die untere Grenze des Auslösebereiches (Streuband) liegt jedoch erheblich niedriger. Der maximale Prüfstrom des 6 A-I.S.-Schalters deckt sich praktisch mit dem Grenzstrom der 6 A-Schmelzsicherung und sein Grenzstrom liegt beim minimalen Prüfstrom der Schmelzsicherung. Berücksichtigt man bei diesem Vergleich auch noch die erheblich kürzere Zeitspanne, auf die sich die I.S.-Schalter-Werte beziehen, so ergibt sich noch eine weitere Verschiebung des Auslösebereiches nach unten relativ zur Schmelzsicherungscharakteristik.

Hinsichtlich des Leitungschutzes ist ein solcher I.S.-Schalter, abgesehen von der zu kurzen Zeitspanne, auf die seine Abschaltgrenzen bezogen sind, grundsätzlich richtig bemessen, da sein Grenzstrom mit dem Nennstrom des Leitungsquerschnittes von 0,75 mm² übereinstimmt. Bei der 6 A-Schmelzsicherung ist, abweichend hiervon, der minimale Prüfstrom auf den Nennstrom dieser Leitung abgestimmt, was eine Übersicherung bedeutet.

In bezug auf die Leitungsausnutzung verhält sich aber der I.S.-Schalter ungünstiger als eine Schmelzsicherung. An der unteren Grenze seines Streubandes kann die Abschaltung schon nach ¹/₄stündiger Belastung mit nur 6,5 A eintreten, wogegen die Schmelzsicherung Stromstärken bis zu 9 A 1 h lang ertragen muß.

Die Gründe, aus denen die niedrige Festlegung der Auslösegrenzen etwa technisch notwendig ist, können hier nicht näher erörtert werden. Soviel sei jedoch gesagt, daß beim I.S.-Schalter kaum geltend gemacht werden kann, seine Grenzstromauslösung erfordere zu hohe Temperaturen, wie dies bei der Schmelzsicherung mit einteiligem Schmelzleiter der Fall ist, und sein Streuband müßte daher so nahe an den Nennstrom gelegt werden, wie die jetzigen I.S.-Schalter-Leitsätze dies verlangen. Jedenfalls ist eine Bindung an den Schmelzleiterquerschnitt beim I.S.-Schalter nicht gegeben.

Auch mit der Präzision der Auslösung ist es beim I.S.-Schalter noch schlechter bestellt als bei der Schmelzsicherung. Während diese zwischen minimalem und maximalem Prüfstrom eine Spanne von 40 % aufweist, nimmt der Selbstschalter eine solche von 65 % in Anspruch. Es ist aber nicht einzusehen, warum dem I.S.-Schalter eine noch größere Toleranz für seine Auslösegrenzen bei Dauerbelastung zugebilligt werden muß als sie der Schmelzsicherung zugestanden wird. Man sollte im Gegenteil vom I.S.-Schalter eine bessere Präzision erwarten können.

Den grundsätzlichen Mangel der Nennstrom-Schmelzsicherung, daß sie sich praktisch nicht oberhalb ihres Nennstromes belasten läßt, besitzt der I.S.-Schalter auch. Bei ihm rührt er allerdings daher, daß der minimale Prüfstrom zu niedrig angesetzt ist (6,5 A). Solche I.S.-Schalter können also ebenso wie die Schmelzsicherung bisheriger Art als „Nennstrom"-Sicherungsorgan charakterisiert werden.

Wenn auch die Auslösegrenzen des 10 A-I.S.-Schalters — ebenso wie bei der 6 A-Stufe — niedriger liegen als die der 10 A-Sicherung, so wird man ihn doch trotzdem nicht als Stromkreissicherung in Hausinstallationen zulassen können. Sein minimaler Prüfstrom beträgt 11 A, der maximale 18 A. Es wäre also im Durchschnitt mit einem Grenzstrom von etwa 15 A zu rechnen, im ungünstigsten Falle sogar mit 18 A. Solchen Belastungen darf aber, wie oben schon für die 10 A-Schmelzsicherung ausgeführt wurde, die 0,75 mm²-Leitung nicht ausgesetzt werden, noch viel weniger dürfte man sie der 0,5 mm²-Leitung zumuten.

Belastungsverhältnisse der Hausinstallations-Stromkreise.

Trotz der vorstehend geschilderten Mängel hat die bisherige 6 A-Schmelzsicherung gute Dienste geleistet. Dies ist wohl in erster Linie darauf zurückzuführen, daß sie bei den Belastungen, wie sie in den bisher vorwiegenden Beleuchtungstromkreisen vorkamen, noch eine ausreichende Belastungsreserve bot (660 W bei 110 V bzw. 1320 W bei 220 V). Eine Ausnutzung des Leitungsquerschnittes, selbst desjenigen von 0,5 mm², bis an die Grenze seiner Belastbarkeit kam praktisch nicht in Frage, und demzufolge traten Dauerbelastungen der Stromkreissicherung in ihrem Grenzstrombereich nicht auf. Man kann daher annehmen, daß Abschaltungen durch geringe Überschreitung des Grenzstromes zu den Seltenheiten gehört haben. In der Regel dürften Überlastungen, wenn sie einmal eintraten, überstrom- oder kurzschlußartig gewesen sein, so daß die unzulängliche Präzision im Dauerbelastungsgebiet praktisch nicht in Erscheinung treten konnte. Für solche Abschaltbedingungen ist aber die Nennstromsicherung zweifellos ein sehr brauchbares Schutzmittel, hinsichtlich der Kurzschlußfestigkeit wahrscheinlich sogar eins der idealsten. Aus den gleichen Gründen wird es auch zu erklären sein, daß der 6 A-I.S.-Schalter bisher in bezug auf seine Belastbarkeit als ausreichend angesehen werden konnte.

Die Belastungsverhältnisse der Stromkreise in Hausinstallationen haben sich jedoch mit der zunehmenden Elektrisierung des Haushaltes grundlegend geändert. Der Gebrauch von Geräten größerer Stromaufnahme, insbesondere von Wärmegeräten, hat Belastungen im Gefolge, die eine Ausnutzung der Leitungen bis an die Grenze ihrer Belastbarkeit erforderlich machen.

Die Eigenart der Hausinstallationen bringt es mit sich, daß diese Steigerung der Belastbarkeit nicht etwa, wie es an sich nahe läge, durch Querschnittsverstärkung erreicht werden kann. Abgesehen davon, daß eine nachträgliche Verstärkung der festverlegten Leitungen aus wirtschaftlichen Gründen nicht möglich ist, würde sie mit Rücksicht auf die ortsveränderlichen Leitungen und die Fassungsadern in Beleuchtungskörpern, wie eingangs schon dargelegt worden ist, auch nicht viel nutzen. Man würde zum mindesten an die 0,75 mm²-Leitung gebunden bleiben. Eine Verstärkung auch dieses Mindestquerschnittes würde aber eine Übertreibung bedeuten, da er praktisch auch bei voller Elektrisierung noch genügen wird. Beleuchtungskörper und ortsveränderliche Stromverbraucher im Haushalt können jedenfalls mit der durch diesen Querschnitt bedingten Leistung von etwa 2 kW bei 220 V völlig ausreichend versorgt werden. Für Geräte größerer Leistung, z. B. Herde, Warmwasserspeicher, größere Raumheizgeräte, werden aber immer gesonderte festverlegte Zuleitungen gewählt werden.

Man wird also nicht umhin können, sich mit den vorhandenen Leitungsquerschnitten abzufinden, und daher bestrebt sein müssen, ihre Belastbarkeit bis an die sicherheitstechnisch zulässige Grenze zu steigern.

Zusammenfassung.

Den Bedürfnissen nach vollkommener Leitungsausnutzung können die heutigen 6 A-Sicherungsorgane nicht gerecht werden, weil sie eine dauernde Stromentnahme nur bis zur Höhe ihres Nennstromes zulassen („Nennstrom"-Sicherungsorgane). Bei der Schmelzsicherung liegt der Grund hierfür darin, daß sie, obschon rechnerisch imstande, ausreichende, sogar übermäßige Belastungstromstärken zu führen, doch nicht gestattet, sie im praktischen Betrieb den Leitungen zu entnehmen, weil sie selbst sich dabei zu stark erwärmen würde. Beim I.S.-Schalter rührt die Unzulänglichkeit daher, daß sein minimaler Prüfstrom in den VDE-Leitsätzen zu niedrig angesetzt ist.

In welcher Richtung die Sicherungsorgane verbessert werden müssen, damit sie die für die Mindestquerschnitte in Hausinstallationen höchstzulässigen Stromstärken zu entnehmen gestatten, wie dies bei neuerdings entwickelten I.S.-Schaltern schon erreicht worden ist[1], soll in einem weiteren Aufsatz erörtert werden.

[1] Hermanni, ETZ 1931, S. 1323.

Versuche über Maschinenregelung und Parallelbetrieb in den Großkraftwerken Hirschfelde und Böhlen*.

III. Ergebnis der Versuche beim Alleinlauf der Maschinen.

Von **K. Kühn**, Dresden, und Dr. techn. **R. Mayer**, Berlin.

(Schluß von S. 1352.)

Versuch zur Ermittlung der synchronisierenden Kräfte.

(Versuch Nr. 4.)

Für die Versuchsreihe Nr. 4 ist in Abb. II 36 zunächst ein schnellgeschriebenes Trommeloszillogramm wiedergegeben, wie es zur Ermittlung der statischen Polradverdrehung aufgenommen wurde. Der Phasenverschiebungswinkel zwischen der Maschinenspannung U und der Spannung der Hilfsmaschine U_H gibt bei richtiger Aufkeilung der Hilfsmaschine (vgl. Teil II dieser Arbeit) unmittelbar den gesuchten Voreilwinkel der Polradspannung gegenüber der Maschinenspannung.

Aus der großen Zahl der gemachten Aufnahmen werden zur weiteren Erörterung die Ergebnisse von zwei Versuchsreihen mitgeteilt. Das 2. Bild (vgl. Spalte F) der Versuchsreihe 4 (Abb. II 37) zeigt für die Maschine 7, Böhlen, die gemessene Abhängigkeit der Wirkleistung von dem Voreilwinkel ϑ des Polrades bei konstant gelassener Erregung von 380 A. Die Leerlauf- und Kurzschluß-Kennlinie des Generators ist ebenfalls im II. Teil der Gesamtarbeit wiedergegeben.

Die wichtigsten Werte für die vier aufgenommenen Punkte sind in den 4 ersten Zeilen der Zahlentafel 1 eingetragen. Die Werte der letzten drei Kolonnen $\sin\vartheta$ und N_k sind aus den gemessenen Größen errechnet, und zwar ist die Kippleistung N_k der Maschine einmal bestimmt aus der eingestellten Wirkleistung durch Division durch $\sin\vartheta$; zum Vergleich ist in der letzten Kolonne der Wert der Kippleistung angegeben, die sich aus der Kurzschlußgeraden des Generators nach der Formel

$$N_k = U\,I_k\,\sqrt{3} \qquad (1)$$

errechnen läßt; darin bedeuten: U die Klemmenspannung und I_k den Kurzschlußstrom (2480 A entsprechend der Erregung von 380 A). Abgesehen vom kleinsten Leistungswert ist die Übereinstimmung gut.

Zahlentafel 1. Messung der synchronisierenden Kräfte an Maschine 7, Böhlen.
Konstante Erregung 380 A.

Meßwerte							gerechnet		
Mess. Nr.	Lstg. MW	ϑ Grad	U Volt	I Amp.	$\cos\varphi$	I_e Amp.	$\sin\vartheta$	$N_k = \frac{N}{\sin\vartheta}$ *1 MW	$N_k = U I_k \sqrt{3}$ *2 MW
15	7	14,2	5900	1400	0,49	380	0.245	28,5	25,4
16	13	29,8	5900	1600	0,8	380	0,495	26,2	25,4
17	18	44	5700	1900	0,96	380	0,694	26	24,5
18	21,5	60,5	5800	2150	1,0	380	0,868	24,8	24,9
Nenn-lstg.									
1	19	31	5700	2410	0,8	508*3	0,515	37	32,7
2	22	29	6600	2410	0,8	541*3	0,485	45,4	40.5

*1 Kippleistung, gerechnet nach den Messungen.
*2 Kippleistung aus der Kurzschlußgeraden.
*3 Bestimmt nach Zahlentafel 2.

Um die gemessene Kurve (s. Teil II, Abb. II 37) bis zum Grenzwinkel von 90° extrapolieren (gestrichelt eingezeichnet) zu können, ist die Kippleistung nach der letzten Kolonne der Zahlentafel 1 zu 25 MW angenommen. Die Nennleistung der Maschine beträgt bei einer Spannung von 5700 V 19 MW, bei einer Spannung von 6600 V 22 MW. Die Kippleistung liegt demnach nur etwa 30 % bzw. 11 % über der Nennleistung. Die geringere Leistungsreserve bei Messung 18, die auch durch den großen gemessenen Winkelwert von etwa 60° gekennzeichnet ist, ist auf die kleine Erregung zurückzuführen, die bei der besprochenen Versuchsreihe eingestellt war.

Bei $\cos\varphi = 0{,}8$ und Normallast beträgt die Erregung über 500 A. Die Polradverdrehung verkleinert sich dafür je nach der Spannung, wie aus den beiden letzten Zeilen der Zahlentafel 1 zu ersehen ist, auf etwa 31 bzw. 29°. Die Ermittlung dieser Werte an Hand der Diagramme soll noch später besprochen werden.

Verlängert man die durch die Meßwerte gelegte Kurve bis zum Nullwert der Leistung, dann erhält man eine deutliche Verschiebung des Anfangspunktes nach links um etwa 4 Grade. Dies läßt sich durch ohmschen Verlust in der Statorwicklung erklären. Infolge der Verschiebung des Anfangspunktes macht sich auch die Abweichung von der Sinuskurve, die durch den Unterschied der auf verschiedenem Wege ermittelten Kippleistung (die zwei letzten Kolonnen der Zahlentafel 1) gegeben ist, besonders bei kleinen Leistungen bemerkbar.

Die zweite hier mitgeteilte Versuchsreihe betrifft Messungen an der Maschine 5 in Hirschfelde, deren Ergebnis in Zahlentafel 2 zusammengestellt ist. Die Erregungen wurden dabei so geändert (300 ... 620 A), daß in dem durchgemessenen Leistungsbereich der $\cos\varphi$ ungefähr gleich 1 blieb. In der gleichen Weise wie bei der zuerst besprochenen Versuchsreihe wurde die Kippleistung wieder auf zweierlei Weise ausgerechnet (die beiden letzten Kolonnen der Zahlentafel 2). Der in Formel (1) einzusetzende Wert des Kurzschlußstromes I_k, der in der Zahlentafel ebenfalls aufgenommen ist, ändert sich dabei entsprechend der verschiedenen Erregung. Zwischen den beiden Kippleistungen besteht, soweit für eine praktische Beurteilung notwendig, wieder eine ausreichende Übereinstimmung. Auch bei den anderen Aufnahmen hat es sich gezeigt, daß zwischen dem aus dem Kurzschlußverhältnis abgeleiteten Verlauf der Synchronkräfte und den gemessenen Werten keine großen Unterschiede bestehen; dies gilt allerdings nur für Turbogeneratoren.

Zahlentafel 2. Messung der synchronisierenden Kräfte an Maschine 5, Hirschfelde.

Lstg. MW	ϑ Grad	U Volt	I Amp.	$\sin\varphi$	I_e Amp.	I_k*1 Amp.	$\sin\vartheta$	$N_k = \frac{N}{\sin\vartheta}$ MW	$N_k = U I_k \sqrt{3}$ MW
9,9	20,2	5990	1000	0	300	2750	0,345	28,7	28,4
20,25	38,2	5990	2000	0	350	3220	0,618	32,8	33,3
30	44,8	6100	2940	0,0355	450	4150	0,704	42,5	43,7
39,5	48	6100	3850	0,037	530	4900	0,742	53,2	51,8
50	52	6010	4800	0,044	620	5710	0,785	63,8	59,6

*1 Aus der Kurzschlußgeraden.

Diese Feststellung dürfte für den Betriebsingenieur von großem Interesse sein. Es ist dadurch eine rasche Beurteilung darüber möglich, wie weit ein Generator unter bestimmten Betriebsverhältnissen belastbar ist. Die Kippleistung, die für eine solche Beurteilung bekannt sein muß, kann für die gegebene Klemmenspannung und den gegebenen Erregungszustand unmittelbar aus der Kurzschlußgeraden mit Hilfe des Ausdruckes (1) bestimmt werden.

Bei dem größten gemessenen Winkel von etwa 60° (Maschine 7, Messung Nr. 18) unterscheidet sich die übertragene Last von der übertragbaren, konstante Erregung vorausgesetzt, nur um etwa 13 % (entsprechend einem $\sin\vartheta = 0{,}868$). Eine statische Lastzunahme um diesen Betrag würde bei der schwachen Erregung (380 A gegen rd. 500 A Vollasterregung), die bei diesen Versuchen eingestellt war, bereits ein Kippen der Maschine zur Folge haben. Auch für die bei Störungen zulässige Spannungsabsenkung gibt die Formel (1), nach der die Kippleistung proportional der Spannung ist, Auskunft. Ist in dem Betriebszustand vor der Störung die übertragene Leistung ein bestimmter Bruchteil der Kippleistung (in dem oben angeführten Fall 0,868), dann wird die Übertragungsgrenze dann erreicht, wenn die abgesenkte Spannung zur ursprünglichen im gleichen Verhältnis steht, d. h. in unserem Falle bereits bei einer Spannungsabsenkung um rd. 13 %. Der Ausdruck (1) gibt ferner darüber Auskunft, welche Erregungen nicht unterschritten werden dürfen, wenn auch bei Störungen, die betriebsmäßig durch die Absenkung der Klemmenspannung gekennzeichnet werden

* Teil I „Überblick über Veranlassung, Zweck und Ergebnisse der Versuche" siehe ETZ 1931, S. 791; Teil II „Anordnung und Art der Durchführung der Versuche" siehe ETZ 1931, S. 1185, 1215 u. 1270.

können, ein stabiler Betrieb gewährleistet sein soll. Der Erregungszustand ist in der Formel durch den Kurzschlußstrom I_k gegeben.

Eine Erhöhung des Sicherheitsgrades, der nach den mitgeteilten Zahlen besonders bei schwacher Erregung (kapazitiver Belastung) wünschenswert erscheint, könnte dadurch erreicht werden, daß man den Winkel zwischen Polradspannung und Klemmenspannung verkleinert. Hierdurch ergibt sich allerdings eine Vergrößerung der Kurzschlußströme der Maschinen. In bezug auf die Maschinen selbst kann man das Verhältnis des Kurzschlußstromes bei voller Erregung von 1,8 auf 2 ... 2,5 · Normalstrom erhöhen. Die Kurzschlußbeanspruchung z. B. der 100 kV-Netze wächst hierdurch entsprechend. In den angeschlossenen Mittelspannungsnetzen ist die Steigerung nur gering und bewegt sich in der Größenordnung von rd. 10 %.

Im Anschluß an die in den Zahlentafeln 1 und 2 mitgeteilten Meßwerte soll nun noch einiges über die in der Maschine wirksamen Reaktanzen sowie über die Ankerrückwirkung gesagt werden. Zu diesem Zweck wurde mit Benutzung der gemessenen Polradverdrehung für jeden der eingestellten Belastungspunkte das Diagramm der Synchronmaschine aufgestellt. Als Beispiel bringen wir ein derartiges Diagramm in Abb. III 8, das für Maschine 7 bei einer Belastung von 13 MW (s. Zahlentafel 1, Zeile 2) gilt. Darin bedeutet OA die Klemmenspannung U, der die Polradspannung U_p um den gemessenen Winkel ϑ voreilt. Der Statorstrom I, der um den Winkel φ der Klemmenspannung nacheilt, wird in zwei Komponenten in Richtung der Polradspannung ($I \cos \psi$) und senkrecht dazu ($I \sin \psi$) zerlegt. Der gleichphasigen Komponente ($I \cos \psi$) entsprechen die Queramperewindungen, deren Achse in der Pollücke liegt; durch die Komponente $I \sin \psi$ sind die entmagnetisierenden Amperewindungen in Richtung der Polachse gegeben.

Abb. III 8. Diagramm der Maschine 7, Böhlen, bei 13 MW Last.

Für die Aufstellung des Spannungsdiagramms wird zunächst zur Klemmenspannung OA der Streuabfall AB geometrisch addiert, der sich aus der Streureaktanz je Phase von 0,275 Ω errechnen läßt (20 % Streuspannung bezogen auf 5700 V). Der ohmsche Abfall ist vernachlässigt. Die Spannung OB wird als die Luftspaltspannung der Maschine bezeichnet. Vom Punkt B aus ist die Senkrechte auf den Polradvektor gefällt. Die so ermittelte Spannung BC ist die Querspannung, die in der wirksamen Querreaktanz x_q durch die Queramperewindungen (entsprechend $I \cos \psi$) hervorgerufen wird. Die übrigbleibende Spannung OC in Richtung des Polrades entspricht der aufgebrachten Gleichstromerregung nach Abzug der durch die Gegenamperewindungen des Statorstromes unwirksam gemachten.

Die gesamte Gleichstromerregung setzt sich demnach zusammen aus dem Strom I_{eF}, der nach der Magnetisierungskennlinie für den Spannungswert OC notwendig ist, und aus dem Strom I_{eg}, der zur Kompensation der Gegenamperewindungen dient.

In den Zahlentafeln 3 und 4 sind in derselben Reihenfolge wie hier besprochen die Größen des Diagramms für die beiden Versuchsreihen eingetragen. Der Strom I_{eg} (Spalte 10 der Zahlentafel 3, Spalte 11 der Zahlentafel 4) ist durch Subtraktion des Erregerstromes I_{eF} (für die Spannung OC) vom gemessenen Erregerstrom bestimmt. Das Verhältnis $I_{eg}/I \sin \psi$ gibt das wirksame Übersetzungsverhältnis zwischen der Stator- und Rotorwicklung; es muß für die verschiedenen Messungen unverändert bleiben. Daß dies innerhalb der praktischen Grenzen der Fall ist, zeigen die Werte der nächsten Spalte. Die Kontrolle des Stromübersetzungsverhältnisses nach dem Potierschen Dreieck (s. Kennlinie in Teil II) ergab, daß für Maschine 7 in Böhlen die nach dem Diagramm ermittelten Werte um 12 ... 15 % höher liegen, dagegen ist für die Maschine 5, Hirschfelde, die Übereinstimmung besser. Ob diese Unterschiede durch die geänderten Verhältnisse gegenüber dem Kurzschlußzustand, für den das Potiersche Dreieck gilt, bedingt sind oder durch Ungenauigkeiten der Messung und der Konstruktion des Diagramms, muß vorläufig noch dahingestellt bleiben.

Zahlentafel 3. Daten zu den Diagrammen der Maschine 7, Böhlen.
(Aufnahmen nach Zahlentafel 1, Bezeichnungen s. Abb. III 8.)

Messung Nr.	Spannung U Volt	OB Luftspaltspannung Volt	BC U_q Volt	OC Volt	$I \cos \psi$ Amp.	$I \sin \psi$ Amp.	x_q *4	Erregung I_{eF} für OC Amp.	$I_{eg} = I_e - I_{eF}$ Amp.	$\frac{I_{eg}}{I \sin \psi}$ *3	$I_e = I_{eF} + I_{eg}$ Amp.
15	5900	6400	1270	6250	350	1350	2,1	162	218	0,161	380
16	5900	6300	2620	5710	680	1450	2,23	140	240	0,166	380
17	5700	6000	3450	4900	920	1650	2,16	112	268	0,162	380
18	5800	5850	4550	3750	1060	1860	2,42	82	298	0,161	380
Nenn-lstg.											
1	5700	6420	2500	5950	900	2230	1,65*1	150	358	0,160*2	508
2	6600	7350	2750	6800	970	2200	1,65*1	188	353	0,160*2	541

*1 Angenommen nach den Kennlinien für eine Erregung von etwa 520 A (Abb. II 9).
*2 Angenommen nach den Messungen.
*3 Nach dem Potierschen Dreieck der beigegebenen Charakteristik beträgt

$$\frac{I_{eg}}{I \sin \psi} = \frac{346}{2410} = 0{,}144.$$

*4 Querreaktanz $x_q = \frac{U_q}{\sqrt{3}\, I \cos \psi}$,
zu vergleichen mit der Längsreaktanz nach den Kennlinien

$$x_l = \frac{U_i}{\sqrt{3}\, I_k} \approx 2{,}04 \text{ bei } I_e = 380 \text{ A}.$$

Zahlentafel 4. Daten zu den Diagrammen der Maschine 5, Hirschfelde.
(Aufnahmen nach Zahlentafel 2, Bezeichnungen s. Abb. III 8.)

Leistung MW	Spannung U Volt	OB Luftspaltspannung Volt	BC U_q Volt	OC Volt	$I \cos \psi$ Amp.	$I \sin \psi$ Amp.	x_q	$x_l = \frac{U_i}{I_k \sqrt{3}}$ *1	I_{eF} Amp.	$I_{eg} = I_e - I_{eF}$ Amp.	$\frac{I_{eg}}{I \sin \psi}$ *2
9,9	5990	6020	1700	5750	9200	350	1,08	1,27	270	30	0,086
20,25	5990	6050	3180	5120	1550	1250	1,19	1,17	230	120	0,096
30	6100	6220	3570	5070	2000	2150	1,04	0,995	225	225	0,104
59,5	6100	6250	3680	5050	2470	2920	0,865	0,89	225	305	0,103
50	6000	6270	3720	4970	2470	3900	0,792	0,795	220	400	0,102

*1 Gerechnet nach den Kennlinien (Abb. II 5).
*2 $\frac{I_{eg}}{I \sin \psi} = \frac{435}{4600} = 0{,}0945$ nach dem Potierschen Dreieck.

Wichtig ist noch der Wert x_q der Querreaktanz, der mit dem aus der Kennlinie gerechneten Reaktanzwert

$$x_l = \frac{U_i}{\sqrt{3}\, I_k}$$

verglichen wird. U_i ist in diesem Ausdruck die aus der Leerlaufkennlinie zu entnehmende Polradspannung, die zu der eingestellten Erregung gehört, I_k der entsprechende Kurzschlußstrom. Da im Kurzschluß das Ankerfeld in Richtung des Polrades fällt, ist durch x_l die Längsreaktanz der Ankerwicklung gegeben. Der Vergleich mit den gemessenen Werten x_q zeigt, daß die beiden Reaktanzen praktisch dieselbe Größe haben. Dies Ergebnis wird noch dadurch erhärtet, daß die Abhängigkeit der Leistung von der Polradverdrehung annähernd durch eine Sinuskurve gegeben ist.

Die Diagramme für die Nennleistung der Maschine 7, Böhlen, die als Vergleich mit der Meßreihe dienten, wurden unter folgenden Annahmen ermittelt. Das Übersetzungsverhältnis zwischen Stator- und Rotorstrom wurde in Anlehnung an die Messungen zu 0,16 angenommen. Ferner wurde die wirksame Querreaktanz mit 1,65 Ω gewählt. Dieser Wert entspricht nach den Kennlinien des Generators der Kurzschlußreaktanz bei einer Erregung von etwa 520 A. Unter Benutzung dieser Werte wurden die Diagramme für die Nennleistungen bei 5700 und 6600 V aufgestellt; die wichtigsten Daten sind in den beiden letzten Zeilen der Zahlentafeln 1 und 3 eingetragen.

Wegen der stärkeren Erregung ist die Polradverdrehung gegenüber den Meßwerten, wie bereits früher besprochen, bedeutend zurückgegangen. Daß die auf zweierlei Weise ermittelte Kippleistung (die zwei letzten Kolonnen) größere Unterschiede aufweist, kann durch die Unsicherheit in der Annahme der wirksamen Querreaktanz erklärt werden.

Versuch zur Ermittlung der Dämpfung und Eigenschwingungszahl bei Entlastung.

(Versuch Nr. 5.)

Um das elektrische Verhalten der Maschine bei Übergangsvorgängen kennenzulernen, wurde, wie bereits im zweiten Teil dieser Arbeit auseinandergesetzt, die mit dem übrigen Netz verbundene Maschine von der mechanischen Seite durch Einstoßen des Schnellschlusses von Hand plötzlich entlastet. Der Verlauf der elektrischen Leistung ist für zwei solche Versuche in den Abb. II 38 und 39 (Versuch Nr. 5) dargestellt.

Bei Maschine 4 in Hirschfelde (Abb. II 38) geht die elektrische Leistung von ihrem Anfangswert auf ihren Endwert in gedämpften Schwingungen über. Bei Maschine 4, Böhlen (Abb. II 39), ist der Verlauf, abgesehen von kleinen überlagerten Schwingungen, als aperiodisch anzusehen. Im Endzustand müssen die Leerlaufverluste des Satzes vom Netz aus gedeckt werden; die entsprechende Leistung ist daher motorisch.

Der Zweck dieser Versuche war festzustellen, wie groß die Eigenschwingungszahl und die Dämpfung der Maschinen im Betrieb sind. Es stellte sich heraus, daß die Bestimmung dieser beiden Größen nur bei 3 von den untersuchten Maschinen möglich war, u. zw. verlief die Leistung nur bei den Maschinen 2 und 4 in Hirschfelde und Maschine 6 in Böhlen wie nach Abb. II 38 in gedämpften Schwingungen. Bei den anderen untersuchten Maschinen, den Maschinen 4, 5, 7 und 8 in Böhlen, war der Verlauf fast aperiodisch wie bei Abb. II 39, so daß diese Versuche für die Bestimmung der Eigenschwingung und Dämpfung nicht in Betracht kommen.

Zahlentafel 5. Entlastung durch Einstoßen des Schnellschlusses.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Ablesewerte			Mittelwerte aus den Oszillogrammen		Auswertung				aus der Kurzschlußgeraden	Trägheitsmoment Θ	
Maschine	Leistung MW	U vorher / nachher Volt	I_{err} vorher / nachher Amp.	T_e Eigenschwingungsdauer s	$\frac{a_0}{a_1} = \varepsilon^{-\delta T_e}$ Amplitud.-verhältnis	S mkg	D mkgs	N_k MW	s %	$N_{kst} = I_k U \sqrt{3}$ MW	mkgs²	T_e berechnet s
2 Hi	18	5100 / 5700	320 / 280	1,5	0,435	18 600	2 340	28,6	3,6	24,5	2126	1,62
4 Hi	22	5700 / 5900	340 / 300	1,1	0,313	11 800	770	36,5	3,3	26,2	366	1,3
6 Bö	22	6100 / 6100	405 / 400	0,91	0,26	13 800	850	42,5	2,6	32,3	286	1,05
6 Bö	8	5700 / 5600	170 / 150	1,1	0,22	9 000	782	27,8	2,8	12,8	286	1,64

Der Grund für das fast schwingungsfreie Abklingen liegt dabei wohl darin, daß die Antriebskraft nach Einstoßen des Schnellschlusses nur allmählich, u. zw. in ähnlicher Weise wie die Leistungsoszillogramme zeigen, auf Null zurückgeht. Darauf deutet auch das Verhalten der Schnellschlußventile hin, wie bei den an zweiter Stelle genannten Maschinen (abgesehen von Maschine 8) sowohl bei den hier besprochenen Versuchen als auch gelegentlich anderer Versuche (Versuch Nr. 1, Entlastung) festgestellt werden konnte. Nach oszillographischen Aufnahmen brauchen die Schnellschlußventile bei diesen Maschinen bis zum vollständigen Schließen Zeiten, die in der Größenordnung von Sekunden liegen.

Daß die Antriebskraft nach Einstoßen des Schnellschlusses auch bei den Versuchen, bei denen Leistungspendelungen auftreten (Abb. II 38), nicht sofort verschwindet, ist aus der starken Verlagerung der Schwingungen im Sinne der Leistungsabgabe zu schließen. Zum Teil kann jedoch diese Verlagerung auch auf die Bedingungen des Ausgleichvorganges zurückzuführen sein, die wegen der Kopplung mehrerer Kreise durch eine Differentialgleichung höherer als zweiter Ordnung beschrieben sind.

Um aus dem Leistungsverlauf die Eigenschwingung und die Dämpfung bestimmen zu können, muß man die beschriebene Unsymmetrie dadurch ausschalten, daß man nur die Wechselkomponente berücksichtigt. Dies kann, wie in Abb. II 38 angedeutet ist, dadurch geschehen, daß man die Mittelwerte zwischen zwei Amplitudenwerten in die Nullachse verlegt. Die so ermittelte Wechselkomponente der Leistung ist für die Maschine 4, Hirschfelde, in der Abb. III 9 aufgetragen. Ein solcher Leistungsverlauf würde dann auftreten, wenn die Antriebskraft sofort vollständig verschwinden könnte und wenn der Vorgang, vorausgesetzt daß er exponentiell abklingt und die Eigenschwingung konstant bleibt, durch eine lineare Differentialgleichung zweiter Ordnung beschrieben werden kann. Zwischen den Koeffizienten dieser Differentialgleichung, die nur für kleine Winkelabweichungen anwendbar ist, und den aus dem gemessenen Verlauf zu entnehmenden Werten für die Dämpfung und die Eigenschwingung bestehen die folgenden Beziehungen:

$$\delta = \frac{D}{2\Theta}$$

$$\omega_e = \frac{2\pi}{T_e} = \sqrt{\frac{pS}{\Theta} - \frac{D^2}{4\Theta^2}}; \qquad (2)$$

δ Dämpfungsexponent der Schwingung,
ω_e Kreisfrequenz der Eigenschwingung,
T_e Dauer einer Eigenschwingung,
Θ Trägheitsmoment,
D Dämpfungsmoment in mkgs bei einem Schlupf von $d\vartheta/dt = 1$ [1/s]; ϑ ist darin der mechanische Winkel des Polrades gegenüber einem mit der mittleren Geschwindigkeit rotierenden Vektor;
S synchronisierendes Moment in mkg, d. i. das elektrische Moment bei einem Abweichwinkel von l elektrischen Bogengrad; dieser Wert ist identisch mit dem Kippmoment,
p Polpaarzahl.

Der Dämpfungsexponent läßt sich am besten aus dem Amplitudenverhältnis für zwei aufeinanderfolgende Schwingungen nach der Beziehung

$$\frac{a_0}{a_1} = \frac{a_1}{a_2} = \ldots = \varepsilon^{-\delta T_e} \qquad (3)$$

ermitteln; bei exponentieller Dämpfung muß dieses Verhältnis konstant bleiben.

Die wichtigsten Daten für vier Entlastungsversuche sind in der Zahlentafel 5 zusammengestellt. In den Kolonnen 2 ... 4 sind zunächst die Ablesewerte wiedergegeben, die für eine Beurteilung der Versuchsergebnisse hauptsächlich in Betracht kommen. In den nächsten beiden Kolonnen sind die Mittelwerte für die Eigenschwingung und das Amplitudenverhältnis eingetragen, das sich aus den Oszillogrammen in der oben angedeuteten Art (vgl. Abb. III 9) ermitteln läßt. Aus diesen beiden Werten kann der Dämpfungsexponent ermittelt werden. Da das Trägheitsmoment bekannt ist, so können die beiden Unbekannten D und S aus den Gl. (2) bestimmt werden. Das Ergebnis dieser Rechnungen — die nur unter der Voraussetzung gelten, daß die Maschine auf ein unendlich starkes Netz arbeitet — ist in den Kolonnen 7 und 8 eingetragen.

Abb. III 9. Wechselkomponente der Leistung bei plötzlicher Entlastung für Maschine 4, Hirschfelde.

In der folgenden Kolonne ist S in MW umgerechnet; dadurch ist die bei den Pendelungen wirksame Kippleistung gegeben. In Kolonne 10 ist endlich der äquivalente Schlupf

angegeben, d. i. der Schlupf in Prozent, bei dem bei proportionaler Umrechnung das Dämpfungsmoment D gleich dem Normalmoment wird. In den letzten beiden Kolonnen ist zum Vergleich die Eigenschwingungsdauer unter Zugrundelegung statischer Verhältnisse ausgerechnet. Es wurde dazu die zweite Formel (2) benutzt, in der D gleich Null gesetzt wurde. S wurde dabei nach der Kippleistung bestimmt, die sich für die jeweilige Erregung aus der Kurzschlußgeraden (s. Kennlinien in Teil II) nach der Formel (1) ermitteln läßt. Die so errechnete Eigenschwingungsdauer liegt durchweg höher als die gemessene; dies ist darauf zurückzuführen, daß bei den Pendelungen nicht die volle Ankerreaktanz zur Wirkung kommen kann, so daß die synchronisierende Leistung und damit die Eigenschwingungszahl gegenüber den statischen Verhältnissen größer wird. Die Unterschiede sind jedoch, abgesehen von dem in der 4. Zeile dargestellten Versuche

Abb. III 10. Spannungsanstieg bei verschiedenen Arten der Erregung.

nicht beträchtlich. Bei diesem Versuch war die Erregung bis auf 75 % der Leerlauferregung geschwächt. Auffallend an den Meßergebnissen ist noch die hohe wirksame Dämpfung, die durch die kleinen Werte des äquivalenten Schlupfes gekennzeichnet ist.

Nach den in dem noch folgenden IV. Teil der Arbeit durchgeführten Auswertungen läßt sich aus dem Leistungsaustausch zwischen zwei außer Tritt gefallenen Maschinen die asynchrone Dämpfungsleistung bestimmen. Die Dämpfungswerte, die sich dabei ergeben, liegen weit unterhalb der hier mitgeteilten Werte. Der äquivalente Schlupf liegt dort in der Größe von 10 ... 15 %. Diese Unterschiede sind darauf zurückzuführen, daß bei den hier besprochenen Messungen zu dem rein elektrischen asynchronen Dämpfungsmoment noch ein Betrag hinzuzuzählen ist, der durch die Dämpfungsverhältnisse auf der Antriebseite bedingt ist. Vor allem dürfte der in der Turbine sich befindende Dampf auf die pendelnden Schaufeln eine stark dämpfende Wirkung ausüben.

Eine Trennung des Einflusses der elektrischen und mechanischen Seite ist bei den hier besprochenen Versuchen nicht möglich. Erst der Vergleich mit den Ergebnissen der Versuche, durch die die elektrische Dämpfung bestimmt wurde, gibt einen Anhalt über den Dämpfungsbetrag, der auf die Arbeitsweise der Turbine zurückzuführen ist. Es ergibt sich demnach, daß diese Dämpfung etwa das 2- ... 4fache der asynchronen Dämpfung beträgt.

Für den Betrieb ist die gesamte Dämpfung maßgebend. Die beträchtliche Erhöhung dieser Dämpfung gegenüber der rein elektrischen durch den Einfluß der Antriebseite bedeutet eine beträchtliche Verbesserung des Parallelbetriebes.

Erregungsversuch durch Schnellregler.

(Versuch Nr. 6a und 6b.)

Der Versuch über die Einregelung der Spannung durch Schnellregler, durch den die im Anschluß an die Zusammenstellung für Versuch Nr. 6a (Abb. II 40) dargestellten Kurven gewonnen wurden, läßt erkennen, daß die Einregelung durch die Schnellregler doch verhältnismäßig langsam erfolgt. Bei der Maschine, die vor der Trennung kapazitiv belastet war und bei der die Spannung bei der Abschaltung auf rd. 80 % der einzuhaltenden Spannung herabfällt, wird die Sollspannung erst nach über 5 s wieder erreicht. Die Maschine wird jedoch weit darüber hinaus geregelt (8,3 %) und erreicht den Sollwert erst in der 11. Sekunde nach der Abschaltung wieder. Die genaue Einspielung erfolgt nun jedoch ohne große Abweichungen. Auch bei der Maschine, die induktiv belastet war und bei der demnach nach der Abschaltung die Spannung steigt (um 11,7 %), wird der Sollwert ebenfalls erst nach 5 s erreicht. Das Einspielen auf diesen Wert erfolgt hier ohne große Überregelung (nur 3,3 %).

Auch das Schaubild (Zusammenstellung Spalte F Nr. 6 b, Abb. II 41), das die Verhältnisse bei einem weiteren Versuch mit Schnellregler zeigt, u. zw. den Versuch, bei dem, um die Spannung abzusenken, der Schnellregler erst festgehalten und dann zur Einregelung losgelassen wurde, läßt ebenfalls erkennen, daß die Einregelung bis auf den Sollwert verhältnismäßig langsam (in 4 s) erfolgt und eine starke (18 %) und lange (3 s) anhaltende Überregelung eintritt. Eine hinreichende Einregelung von dem tiefsten Wert von 38 % ausgehend ist erst nach 7 s erfolgt. In dem Schaubild (Abb. II 41) zeigt eine Kurve die Werte der Spannung, die dem jeweiligen Erregerstrom im Dauerzustand entsprechen. Der Vergleich dieser Kurve mit dem tatsächlichen Verlauf der Spannung läßt das durch die magnetische Trägheit bedingte Nacheilen der Spannung erkennen.

Aus dem Ergebnis der beiden Versuche mit den Schnellreglern ist, wie auch die Betriebserfahrungen bestätigen, die Folgerung zu ziehen, daß durch die bisher gebräuchliche Schnellregler-Anordnung im Erregerkreis der eigenerregten Erregermaschine keine schnelle Einregelung der Spannung bei starken Laststößen erzielt werden kann, insbesondere aber keine Erhöhung der Stabilität bei Spannungsabsenkung zu erreichen ist.

Erregungsversuche durch Nebenschlußregler und Hauptstromregler.

(Versuch Nr. 6c ... e.)

Die Erregungsversuche durch Herausdrehen des Nebenschlußreglers, des Hauptstromreglers oder des Nebenschlußreglers bei doppelter Fremdspannung für die Erregung der Erregermaschine haben die Veränderung der Spannung des Kurzschlußstromes der Erregerströme und Erregerspannungen über der Zeit nach Beginn des Erregungsvorganges ergeben. In den Schaubildern, die ebenfalls im Anschluß an die Zusammenstellung der Versuche in Abb. II 42 ... 49 dargestellt sind, sind für die Spannung, den Strom, die Erregerspannung und den Erregerstrom die relativen Werte aufgetragen worden. Bei linearer Abhängigkeit zwischen Erregerspannung, Erregerstrom, Erregerstrom der Erreger-

Abb. III 11. Anstieg des Kurzschlußstromes bei verschiedenen Arten der Erregung.

maschine (konstanten Widerstand im Erregerkreis vorausgesetzt) und dem Kurzschlußstrom kann so aus den Kurven ohne weiteres das Nacheilen der Erregerströme hinter der Erregerspannung und des Kurzschlußstromes hinter dem Erregerstrom erkannt werden. Um in gleicher Weise bei den Leerlaufversuchen das Nacheilen der Spannung hinter dem Erregerstrom erkennen zu können, ist in den Schaubildern, die die Verhältnisse für die Leerlaufversuche zeigen, noch die Spannung angegeben worden, die den jeweiligen Werten des Erregerstromes im Dauerzustand entspricht.

In Abb. III 10 sind zum Vergleich die Spannungsänderungen der einzelnen Versuche zusammengestellt worden, ebenso in Abb. III 11 der Anstieg der Kurzschlußströme bei den verschiedenen Arten der Erregung. Bei der Regelung durch Nebenschlußregler erfolgt der Anstieg der Spannung vom remanenten Wert bis zum 1,35fachen in 5,7 s.

Diese Zeit entspricht der bei dem Schnellreglerversuch gefundenen Zeit, da die Regelung durch Schnellregler im Prinzip die gleiche wie bei diesem Versuch ist. Beim Herausdrehen des Hauptstromreglers, wobei die Spannung an der Erregermaschine auf einem Wert von 196 V gehalten wurde, erfolgt der Anstieg der Spannung schneller. Von einem Wert von 78 % ausgehend, wird die 1,3fache Spannung in 2,7 s erreicht. Der Spannungsanstieg erfolgt bei gleichem Erregungsvorgang, wenn man von unterschiedlichen Werten ausgeht, wie ein Vergleich der durch die Versuche 6 a und 6 b gefundenen Kurven zeigt, nicht mit gleicher Geschwindigkeit. Geht man von höherer Spannung aus, so ist die Anstieggeschwindigkeit geringer. Die Verhältnisse liegen so, daß der höchste Wert, wenn man von unterschiedlichen Anfangswerten ausgeht, in praktisch der gleichen Zeit erreicht wird. Es ist also hiernach möglich, die in der Abb. III 10 durch die Erregung mit dem Hauptstromregler gefundenen Zeiten für die Erreichung der höchsten Spannung denen gleichzusetzen, wenn man von dem tiefsten Wert ausgegangen wäre, und demnach mit den Werten der anderen Versuche zu vergleichen.

Der langsame Anstieg der Spannung beim Herausdrehen des Nebenschlußreglers ergibt sich dadurch, daß hier die Erregerspannung erst entstehen muß. Die Spannung an der Erregermaschine kann, wie das Schaubild für Versuch 6 e_1 zeigt (Abb. II 47 u. 48), schnell aufgebaut werden, wenn sofort eine entsprechende Erregerspannung aufgedrückt wird. Da bei dem Versuch mit dem Nebenschlußregler und Eigenerregung die Erregerspannung für die Erregermaschine jedoch ebenfalls erst langsam ansteigt, steigt rückwärtig auch die von ihr abgegebene Spannung nur langsam. Der in der Abb. III 10 für die Stoßerregung gezeigte Anstieg der Spannungskurve fällt deshalb etwas ungünstig aus, weil zur Vermeidung eines zu hohen Spannungsanstieges ein entsprechender Widerstand vorgeschaltet war, durch den mit Anwachsen des Erregerstromes der an der Erregerwicklung wirksame Teil der Spannung immer weiter herabgesetzt wurde, u. zw. rund auf die Hälfte des Wertes, der bei Eigenerregung als höchster Wert eintritt.

Beim Versuch 6 e_2 war die hohe Fremdspannung in ziemlich voller Höhe bis zum Abschluß des Erregungsvorganges wirksam. Es zeigte sich deshalb hier auch der schnellste Anstieg des Kurzschlußstromes. Der Anstieg des Kurzschlußstromes erfolgte hier noch wesentlich schneller als beim Herausdrehen des Hauptstromreglers. Ein gleicher Versuch im Leerlauf würde auch für die Spannung die kürzeste Anstiegzeit ergeben haben.

Der Anstieg des Kurzschlußstromes bei Erregung der Erregermaschine mit Fremdspannung von doppelter Höhe erfolgt von Anfang an sehr schnell, so daß bereits nach 0,7 s der Nennstrom überschritten wird. Berücksichtigt man die über das Außertrittfallen der Maschinen bei Kurzschlüssen gemachten Beobachtungen, wonach dieses je nach den Verhältnissen nach rd. 0,8 ... 1 s erfolgt, und die weiter bei zweipoligen Kurzschlüssen im Netz bei Speisung durch schwach erregte Maschinen gemachte Beobachtung des Spannungsrückganges auch zwischen der nicht betroffenen Phase und den anderen, der nach 0,6 ... 0,8 s zu unzulässig tiefen Werten führt, so erkennt man, daß durch die Fremderregung mit doppelter Spannung für diese Fälle bereits nennenswerte Verbesserungen erzielt werden können.

Das Ergebnis der Erregungsversuche ist hiernach wie folgt zusammenzufassen: Der Spannungs- oder Stromanstieg erfolgt bei Erregung mit eigenerregter Erregermaschine sehr langsam. Auch bei Verwendung von Schnellreglern ist hier irgendein Einfluß auf die Erhöhung der Stabilität bei Kurzschlüssen oder auf die Vermeidung zu starker Spannungsabsenkung zwischen den gestörten Phasen und der gesunden Phase bei zweipoligen Kurzschlüssen bei schwach erregten Maschinen nicht zu erzielen. Eine Beschleunigung in der Erregung erzielt man, wenn man zur Erregung der Erregermaschine oder zur Erregung des Generators unmittelbar die volle Spannung aufdrückt. Hierdurch erfolgt zwar der Anstieg der Spannung oder des Stromes bis auf den Höchstwert in der halben Zeit, jedoch kann damit für eine Erhöhung der Stabilität erst wenig Verbesserung erreicht werden. Ein wesentlich schnellerer Anstieg des Stromes bzw. der Spannung, der eine hinreichende Verbesserung zu bringen scheint, ergibt sich, wenn man zur Erregung unmittelbar die doppelte Spannung aufdrückt.

Aus diesen Ergebnissen sind die Folgerungen zu ziehen, daß die bisher gebräuchliche Erregung der Maschinen für den Parallelbetrieb über große Netze unzureichend ist. Damit finden auch die bei derartigem Parallelbetrieb, insbesondere bei schwacher Erregung, gemachten ungünstigen Erfahrungen ihre Erklärung. Will man eine hinreichende Verbesserung in den Erregungsverhältnissen schaffen, so muß man eine Änderung in der Weise anstreben, daß den Generatoren bei Spannungsabsenkungen unmittelbar eine hohe Spannung, u. zw. von mindestens der doppelten Nennspannung, auf die Erregerwicklung geschaltet wird. Es genügt, wie der eine Versuch zeigt, diese hohe Spannung auf die Erregerwicklung der Erregermaschine zu geben.

Dies wird sich insofern leicht durchführen lassen, als die Erregerwicklung diese doppelte Spannung für die kurze Zeit ohne weiteres aushalten wird und bei den geringen in Frage kommenden Strömen eine entsprechende fremde Spannungsquelle und die entsprechenden Regeleinrichtungen leicht zu beschaffen sein werden. Die Regelung kann in einfacher Weise so erfolgen, daß die Erregerwicklung mit einem hinreichend großen Vorschaltwiderstand an die Fremdspannung von doppelter Höhe angeschlossen und im Kurzschlußfall dieser Vorschaltwiderstand durch einen Spannungsregler kurzgeschlossen oder herausgedreht wird. Gegebenenfalls sind hierbei noch Vorrichtungen anzubringen, die die Einwirkung der hohen Erregerspannung wieder unterbrechen, wenn die Spannung, der Strom oder der Erregerstrom des Generators einen gewissen unzulässigen Höchstwert erreichen.

Änderungen in dieser Richtung sind inzwischen an den untersuchten Generatoren noch nicht vorgenommen worden. Es sollen zunächst erst die Erfahrungen mit den an den Turbinen vorgenommenen Änderungen und mit anderen Verbesserungen im Netz, z. B. dem Selektivschutz, abgewartet werden. Zur Zeit werden, wenn nicht schon wegen der höheren anfallenden Blindlast zur Spannungshaltung eine größere, auch für die Stabilität schon etwas bessere Verhältnisse bringende Erregung erforderlich ist, wie es zur Hauptbelastungszeit der Fall ist, besondere untererregte Zusatzmaschinen (wirkleistungseitig nur bis etwa 10 % belastete Generatoren) eingesetzt, die für die Wirkleistung abgebenden Maschinen eine höhere Erregung ermöglichen.

Preßgas als Isolation in Hochspannungsapparaten.

Nach einem kurzen Eingehen auf die geschichtliche Entwicklung der Preßgasisolation bespricht Bölsterli[1] zunächst die physikalischen Grundlagen der Isolation mit hochkomprimierten Gasen. Die Vorteile sind außerordentliche. Man hat kein brennbares Dielektrikum mehr für Apparate und Transformatoren nötig; die Verluste im Dielektrikum werden, soweit man das Preßgas etwa zur Imprägnierung von Papier an Stelle von Öl und Harzen verwendet, wesentlich temperaturunabhängiger. Das bedeutet wiederum, daß die Meßgenauigkeit solcher Apparate, zumal der Kondensatoren, wesentlich höher wird. Außerdem steigt natürlich auch die Ausnutzbarkeit solcher Apparate, weil die Durchschlagfestigkeit der Preßgasanordnungen wesentlich gegenüber derjenigen mit Isolierölen gesteigert werden kann. Die Kühlung solcher Apparate ist nach den Angaben des Verfassers genau so günstig zu gestalten, wie man dies bei ölgefüllten Apparaten erreicht hat. Schwierigkeiten wird man erwarten müssen hinsichtlich der Dichtheit und der Explosionsmöglichkeit solcher Apparate. Hierzu weist der Verfasser auf Versuche hin, die sich bereits über 12 Jahre erstrecken. Durchführungen, die vor so langer Zeit gefüllt worden sind, zeigen bis heute noch keinerlei Druckverlust. Wenn auch hinsichtlich der Explosionsgefahr durch Verwendung neutraler Gase, wie Stickstoff oder wenigstens eines Gemisches des brennbaren, aber in bezug auf Wärmeabführung sehr günstigen Wasserstoffes mit Stickstoff, nach Ansicht des Verfassers keine Bedenken bestehen, so muß man natürlich bei Schaltern und Transformatoren für den Fall, daß im Innern ein Lichtbogen entsteht, darauf Rücksicht nehmen, daß beim Brennen des Lichtbogens gegen die Kesselwand die betroffene Stelle der Wand rasch herausgedrückt wird, was einer Explosion in bezug auf die Wirkung gleichzuachten ist.

Ohne Zweifel muß der Preßgasisolation zum mindesten für Sonderzwecke volle Aufmerksamkeit zugewandt werden, nachdem die Versuche von Bölsterli gezeigt haben, daß die Schwierigkeiten, die man leicht als außerordentlich groß anzusehen geneigt ist, gar nicht in einem unüberwindlichen Maße zu bestehen scheinen. *H. M.*

[1] A. A. Bölsterli, Bull. SEV Bd. 22, S. 245.

Ein Spezialplanimeter zur Bestimmung von Effektivwerten.

(Mitteilung aus dem Mathematischen Institut der T. H. Darmstadt [Walther].)

Von **Heinz Adler**, Darmstadt.

Übersicht. Es wird ein neues Spezialplanimeter beschrieben, welches durch einfaches Umfahren einer Kurve nebst ihrer Grundlinie das Integral über das Quadrat der Ordinate liefert.

Die Bestimmung des Effektivwerts $\sqrt{\frac{1}{T}\int y^2\,\mathrm{d}t}$ eines graphisch vorliegenden Spannungs- oder Stromverlaufes $y = f(t)$ [t Zeit, y Momentanwert, T Periodendauer] ist ein zwar wichtiges, aber bis jetzt nur mit einem ganz unverhältnismäßig großen Arbeits- oder Rechenaufwand lösbares Problem. Den Kernpunkt bildet die Auswertung des Integrals $\int y^2\,\mathrm{d}t$ über die Quadrate y^2 der Ordinaten y. Hierfür sind im wesentlichen zwei Verfahren im Gebrauch, ein graphisches und ein rechnerisches, die prinzipiell durchaus parallel laufen und auch häufig kombiniert werden. Entweder faßt man einzelne — meist äquidistant angenommene — Ordinaten in einer Zahlentafel zusammen, quadriert die Einzelwerte und berechnet das Integral mit Hilfe einer Formel zur numerischen Integration, etwa der Simpsonschen Regel oder der Trapezformel, oder man quadriert einzelne Ordinaten graphisch (Abb. 1) und planimetriert die durch Verbinden der y^2-Punkte erhaltene Kurve. Division durch die Periodendauer T und Wurzelziehen ergibt dann bei beiden Methoden den Effektivwert.

Die Nachteile dieser Verfahren, ganz abgesehen von ihrer Umständlichkeit, liegen auf der Hand. Vor allem ist die ausschließliche Berücksichtigung einer verhältnismäßig kleinen Anzahl einzelner getrennter Werte bei einer stetig, etwa aus einem Oszillogramm, bekannten Kurve weder sehr genau noch elegant und bequem. Es sei deshalb im folgenden ein kleines Instrument beschrieben, das wie ein Planimeter gehandhabt wird und den Integralwert $\int y^2\,\mathrm{d}t$ nach Umfahren der gegebenen Kurve $y = f(t)$ einschließlich ihrer Grundlinie direkt abzulesen gestattet.

Der Grundgedanke des Instruments ist, die Quadrierung auf eine Winkelverdoppelung zurückzuführen. Ein Fahrarm bewege sich so, daß sein eines von Hand geführtes Ende F (Fahrstift) die Kurve $y = f(t)$ umfährt, während sein anderes Ende A durch eine Schiene mit Wagen dauernd auf der t-Achse geführt wird (Abb. 2). Bezeichnet man die Fahrarmlänge mit l und den Winkel zwischen t-Achse und Fahrarm mit φ, so ist immer

$$\frac{y}{l} = \sin\varphi.$$

Ein zweiter Arm von der Länge k, der Rollenarm, gleite mit seinem Ende G, dem Gleitpunkt, auf dem Fahrarm entlang, während sich das andere Ende B in festem Abstande $AB = BG = k$ von A auf der t-Achse bewegt. A, B und G bilden also immer ein gleichschenkliges Dreieck. Aus Abb. 2 geht ohne weiteres hervor, daß der Winkel des Rollenarms gegen die t-Achse gleich 2φ ist. Am Rollenarm ist eine Planimeterrolle vom Umfang U angebracht, u. zw. so, daß ihre Achse senkrecht zum Rollenarm, also ihre Ebene parallel zu ihm steht. Die Rollenabwicklung bei einer Verschiebung $\mathrm{d}t$ des ganzen Instrumentes in der t-Richtung ist daher gleich der Tangentialkomponente $\mathrm{d}t \cdot \cos 2\varphi$ dieser Verschiebung (Abb. 3). Anderseits läßt sie sich als Bruchteil des Rollenumfangs U schreiben $U\,\mathrm{d}s$, wobei $\mathrm{d}s$ das Ablesungsdifferential der Rollenteilung bedeutet, also:

$$U\,\mathrm{d}s = \cos 2\varphi\,\mathrm{d}t$$

oder wegen $\cos 2\varphi = 1 - 2\sin^2\varphi$ in anderer Form

$$U\,\mathrm{d}s = \mathrm{d}t - 2\sin^2\varphi\,\mathrm{d}t.$$

Bei Integration über die ganze Kurve ergibt sich daraus

$$U\,s = \int \mathrm{d}t - 2\int \sin^2\varphi\,\mathrm{d}t.$$

Wenn man berücksichtigt, daß $\int \mathrm{d}t$ bei vollständiger Umfahrung gleich 0 und daß $\sin\varphi = \frac{y}{l}$ ist, folgt

$$U\,s = -\frac{2}{l^2}\int y^2\,\mathrm{d}t$$

oder

$$\int y^2\,\mathrm{d}t = -\frac{l^2 U}{2}\,s,$$

d. h. die Rollenablesung s (Differenz Endablesung minus Anfangsablesung) ist dem gesuchten Integralwert $\int y^2\,\mathrm{d}t$ proportional. Der Proportionalitätsfaktor $-\frac{l^2 U}{2}$ hängt nur von Abmessungen des Instruments ab und läßt sich durch passende Anordnung leicht auf einen glatten Wert bringen; das negative Vorzeichen kann durch Umfahrung in entgegengesetztem Sinn wie in Abb. 2 oder durch umgekehrte Rollenbezifferung vermieden werden. Aus dem abgelesenen Wert erhält man bei Division durch die Periodendauer T und Wurzelziehen (nur e i n e Rechenschiebereinstellung) den gewünschten Effektivwert.

Abb. 1. Graphisches Quadrieren.

Abb. 2. Prinzipskizze des Spezialplanimeters. Winkelverdopplung durch gleichschenkliges Dreieck.

Abb. 3. Rollenabwicklung gibt Verschiebungskomponente.

Abb. 4. Ausgeführte Gestalt des Spezialplanimeters (Potenzplanimeter Adler-Ott).

Die ganze Bestimmung des Effektivwertes beschränkt sich also auf eine Planimeterumfahrung und eine Rechenschiebereinstellung; sie ist im Gegensatz zu den bisher gebräuchlichen Methoden so einfach, daß sie auch ungeschulten Hilfskräften übertragen werden kann.

Natürlich ist das Spezialplanimeter (Abb. 4) in seiner Verwendung nicht nur an Effektivwerte gebunden. Es

kann vielmehr überall, wo das quadratische Integral $\int y^2\,dx$ einer Kurve $y = f(x)$ in Frage kommt, mit Erfolg gebraucht werden, z. B. bei der Bestimmung des statischen Moments $\frac{1}{2}\int y^2\,dx$ um die x-Achse (das statische Moment $\int x\,y\,dx$ um die y-Achse findet man durch Vertauschung der x- und y-Achse; Division durch den Flächeninhalt liefert die Schwerpunktskoordinaten) oder des Volumens $\pi\int y^2\,dx$ für den Rotationskörper, welcher durch Rotation der Kurve $y = f(x)$ um die x-Achse entsteht, usw.[1].

[1] Das Instrument wird unter dem Namen „Potenzplanimeter Adler-Ott" von der Firma A. Ott in Kempten (Allgäu) angefertigt. Auch ein entsprechendes Modell für $\int \sqrt{y}\,dx$, z. B. zur Auswertung von Venturimeterdiagrammen und Messungen mit Pitotrohren, wo die Durchflußmenge der Wurzel aus dem Differenzdruck proportional ist, wird hergestellt. — Über eine weitere elektrizitätswirtschaftliche Anwendung des Potenzplanimeters s. M. Wolf, ETZ 1931, S. 1267.

Mitteilungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

Bekanntmachung über Prüfungen und Beglaubigungen durch die Elektrischen Prüfämter[1].

Nr. 305.

Auf Grund des § 10 des Gesetzes vom 1. VI. 1898, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, sind folgende Elektrizitätszählerformen zur Beglaubigung durch die Elektrischen Prüfämter im Deutschen Reiche zugelassen und ihnen das beigesetzte Systemzeichen zuerteilt worden.

System 160, die Formen FF 1, HF 1, KF 1, LF 1 und DF 1, Induktionszähler für mehr- bzw. einphasigen Wechselstrom, hergestellt von der Firma **Paul Firchow Nachfgr. — Landis & Gyr Aktiengesellschaft in Berlin** und von der Firma **Landis & Gyr Aktiengesellschaft in Zug in der Schweiz.**

Berlin-Charlottenburg, den 27. VIII. 1931.

Der Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

I. V.: Köst ers.

Beschreibung.

System 160,

die Formen FF 1, HF 1, KF 1, LF 1 und DF 1, Induktionszähler für mehr- bzw. einphasigen Wechselstrom, hergestellt von der Firma Paul Firchow Nachfgr. — Landis & Gyr Aktiengesellschaft in Berlin und von der Firma Landis & Gyr Aktiengesellschaft in Zug in der Schweiz.

1. Meßbereiche.

Die Zähler der Formen FF 1, HF 1, KF 1 und LF 1 sind zur Messung des Verbrauches in mehrphasigen Wechselstromanlagen, die Zähler der Form DF 1 zur Messung des Verbrauches in einphasigen Wechselstrom-Dreileiteranlagen bestimmt. Die Zähler können für Nennstromstärken von 1,5 ... 100 A, für Nennspannungen bis 650 V und für Nennfrequenzen von 40 ... 60 Hz beglaubigt werden.

2. Wirkungsweise.

Die Zähler (Abb. 1) bestehen aus zwei übereinander angeordneten Induktionsmotoren, die in ihrem Aufbau dem Triebsystem der durch die Bekanntmachung Nr. 282 vom 3. V. 1930 (ETZ 1930, S. 1044) zur Beglaubigung zugelassenen Wechselstromzähler der Form CF 1 des Systems 153 entsprechen. Auf jede der beiden auf einer gemeinsamen Achse sitzenden Triebscheiben *a* aus Aluminium wirkt eins der beiden Triebsysteme ein. Zur Abgleichung beider Triebsysteme auf gleiche Zugkraft läßt sich jedes der beiden Stromeisen mit Hilfe zweier (in der Abbildung nicht eingezeichneter) Regulierschrauben um einen gewissen Betrag verschieben. Die beiden Bremsmagnete, die samt einem Träger, auf dem sie aufgeschraubt sind, durch eine Mikrometerschraube verstellbar sind, wirken auf die untere Triebscheibe ein.

3. Schaltung.

Die Zähler führen je nach ihrer Verwendung verschiedene Formzeichen. Die Zähler der Form FF 1 sind für Drehstromanlagen ohne Nulleiter, die Zähler der Form HF 1 für Drehstromanlagen mit Nulleiter, wenn nur zwei Außenleiter und der Nulleiter in die Anlage eingeführt sind, die Zähler der Form KF 1 für verkettete, die Zähler der Form LF 1 für unverkettete Zweiphasenstrom-Anlagen und die Zähler der Form DF 1 für einphasige Wechselstrom-Dreileiteranlagen bestimmt. Abb. 1 zeigt die Schaltung eines Zählers der Form FF 1.

[1] Reichsministerialblatt 1931, S. 47.

4. Eichung.

Die Eichung eines Drehstromzählers der Form FF 1 erfolgt so, daß nach einhalbstündiger Belastung der Spannungsspulen mit der Nennspannung der Reihe nach folgende Einstellungen vorgenommen werden.

a) Bei jedem der beiden Systeme werden die beiden Eisenflügel *g* so verdreht, daß sie ungefähr die gleiche, etwa 30° betragende Neigung gegen das Spannungseisen haben, bis weder Vor- noch Rücklauf des Zählers vorhanden ist. Dabei ist jedesmal nur die Spannungsspule desjenigen Systems zu erregen, für das die Einstellung vorgenommen wird.

Abb. 1.

b) Bei jedem der beiden Systeme wird die Phasenverschiebung zwischen dem wirksamen Strom- und Spannungsfeld geregelt, indem die Hauptstromspule des betreffenden Systems mit Nennstrom belastet und der Strom um 90° induktiv gegen die zugeordnete Spannung verschoben wird. Durch Verdrehen des Doppelflügels *f* wird dabei der Zähler jedesmal zum Stillstand gebracht. Der Hauptstrom des zweiten Systems ist dabei unterbrochen, die Spannungsspulen müssen jedoch beide mit der zugehörigen Spannung erregt werden.

c) Die beiden Triebsysteme werden auf gleiche Zugkraft abgeglichen, indem die Umdrehungszahl des Zählers bei induktionsfreier Belastung des einen Systems mit Nennstrom festgestellt und der Zähler sodann bei der gleichen Belastung des andern Systems durch Betätigung der Zugkraft-Regulierschrauben dieses Systems auf die gleiche Umdrehungszahl eingestellt wird. Darauf wird der Zähler bei induktionsfreier Drehstrombelastung beider Systeme mit der Nennlast durch Verstellen der Bremsmagnete mittels der Mikrometerschraube so eingestellt, daß er richtig zeigt.

d) Zur Kompensation der Reibung werden die Eisenflügel *g*, und zwar bei jedem System der rechte Flügel, so gedreht, daß der Zähler bei einseitiger Belastung mit $^1/_{10}$ der Nennstromstärke bei $\cos\varphi = 1$ einen Fehler von etwa + 1 % zeigt.

e) Mit Drehstrombelastung von $^1/_{10}$ der Nennstromstärke und bei $\cos\varphi = 1$ werden die Angaben des Zählers nochmals geprüft und gegebenenfalls durch geringes Verstellen der rechten Eisenflügel *g* auf den richtigen Wert gebracht.

f) Mit Drehstrombelastung von $^1/_5$ der Nennstromstärke und bei $\cos\varphi = 0{,}5$ werden die Zählerangaben gleichfalls nachgeprüft und gegebenenfalls durch geringes Verstellen des Doppelflügels *f* berichtigt, und zwar

an dem System, in dem bei der angegebenen Belastung die Phasenverschiebung zwischen dem Strom und der zugeordneten Spannung 90° beträgt.

g) Etwa vorhandener Leerlauf bei Steigerung der Spannung um 20% wird durch Verbiegen des Streubleches *h* beseitigt, sodann der Anlauf nachgeprüft.

5. Eigenschaften.

Die untersuchten Zähler hatten bei Nennbelastung ein Drehmoment von etwa 8,6 ... 10,4 cmg. Sie liefen bei induktionsfreier Belastung mit etwa 0,3% des Nennstromes an. Das Ankergewicht wurde bei einem Zähler zu 58 g, die Drehzahl der Zähler bei Nennlast zu etwa 30 ... 37 U/min ermittelt. Der Eigenverbrauch in den Spannungskreisen betrug bei 110 und 220 V Nennspannung etwa 2 · 0,75 W und bei 650 V Nennspannung etwa 2 · 1,02 W, und zwar bei der Frequenz von 50 Hz. Der Eigenverbrauch in den Hauptstromkreisen belief sich bei 5 A Nennstromstärke auf etwa 2 · 0,35 W und bei 100 A Nennstromstärke auf etwa 2 · 2,72 W, und zwar bei der Frequenz 50 Hz.

RUNDSCHAU.

Leitungen.

Mechanische Widerstandsfähigkeit von Gummischlauchleitungen. — Da gegen die zum Anschluß ortsveränderlicher Stromverbraucher verwendeten Gummischlauchleitungen in Bergbaukreisen immer noch sicherheitliche Bedenken bestehen, wurden vom Verein zur Überwachung der Kraftwirtschaft der Ruhrzechen Versuche angestellt darüber, wie oft eine Gummischlauchleitung der Bauart NSH von einem beladenen Förderwagen überfahren werden muß, damit innerlich oder äußerlich Beschädigungen auftreten. Die Überfahrversuche wurden mit Leitungen folgender Kupferquerschnitte durchgeführt: 3 × 2,5 mm², 3 × 4 mm², 4 × 4 mm², 3 × 6 mm², 4 × 6 mm² und 3 × 10 mm². Zur Verfügung stand eine Gleisstrecke mit dem Schienenprofil 80/14 und 500 mm Spurweite. Der benutzte zweiachsige Förderwagen hatte ein Eigengewicht von 500 kg und ein Ladegewicht von 700 kg. Die Leitung wurde gemäß Abb. 1 quer über eine Schiene gelegt und auf einer Schwelle beiderseitig festgespannt. Die Einspannstelle wurde bezeichnet, damit die Leitung nach der Herausnahme wieder in der gleichen Lage befestigt werden konnte. Nach jedem Überfahren wurden der Leitungswiderstand jeder Ader und der Isolationswiderstand der Adern gegeneinander gemessen, ferner nach einer gewissen Zahl von Überfahrungen der Isolationswiderstand jeder Art gegen Erde. Während man den Isolationswiderstand der Adern gegeneinander ohne weiteres mit Kurbelinduktor ermittelte, wurde zur Messung des Isolationswiderstandes gegen Erde vorher die Überfahrstelle der Leitung in ein Blechgefäß mit Kochsalzlösung gebracht und hier, damit die Kochsalzlösung leichter in die Isolation eindrang, kräftig hin und her gebogen.

Abb. 1. Versuchsanordnung.

Aus den Versuchen ergab sich, daß erst eine erhebliche Anzahl von Überfahrungen einen Aderschluß herbeiführte. Bei den dreiadrigen Kabeln scheint mit zunehmendem Kupferquerschnitt trotz gleichfalls zunehmender Isolationsdicke zwischen den Seelen die Widerstandsfähigkeit gegenüber der vorliegenden Beanspruchung abzunehmen. Mit zunehmender Gesamtisolationsstärke steigt die Widerstandsfähigkeit gegen Aderschluß. Nimmt man an, daß ein beladener Zug aus 40 Wagen besteht, und rechnet man die Lokomotive zu 7 Wagen, so führt ein derartiger Zug schon bei den mittleren Querschnitten keine vollständige Zerstörung der Isolation herbei. Es ergab sich ferner, daß dem Erdschluß bei der vorliegenden Beanspruchung mit einer einzigen Ausnahme ein Aderschluß vorausgegangen ist. Da ein solcher Aderschluß bei noch unzerstörtem, äußerem Gummimantel stattfindet, kann er zu keiner Schlagwetterentzündung führen. Außerdem muß der Aderschluß durch die vorgeschalteten Sicherungen oder Selbstschalter zur Abtrennung der Leitung führen. Die bei weiterer mechanischer Beanspruchung eintretende vollständige Zerstörung der Isolation ist dann also ungefährlich. Wenn auch die Zahl der Versuchsreihen zu gering und die Art der gewählten mechanischen Beanspruchung zu einseitig war, um daraus allgemeingültige Schlüsse ziehen zu können, stellt C. Körfer doch fest, daß die Widerstandsfähigkeit der geprüften Leitungen den weitestgehenden Anforderungen genügt hat. Für außergewöhnliche Verhältnisse des Grubenbetriebes werden Sonderbauarten der SSW erwähnt, die sich besonders als Zuleitungen für elektrische Schrämmaschinen eignen. Den Querschnitt eines derartigen Schrämkabels, das außer den 3 Hauptadern für die eigentliche Energieübertragung noch eine weitere Ader gleichen Querschnittes als Erdleiter und 8 Leiter geringeren Querschnitts als Hilfsleiter führt, wird in Abb. 2 dargestellt. Die 8 Hilfsleiter bilden mit dem Erdleiter zusammen einen Hilfstromkreis, der den Spannungsrückgangsauslöser des am Anfang des Schrämkabels eingebauten Schalters betätigt. Wenn die Erdung fehlerhaft oder einer der Hilfsleiter irgendwo unterbrochen oder zerstört wird,

a Kupferleiter 35 mm²
b 4 Hilfsaderpaare 2,5 mm²
c Erdleiter
d innerer Gummimantel
e weitmaschige Kupferdrahtbeflechtung
f äußerer Gummimantel
g Mittelblindader mit Hanfeinlage

Abb. 2. Querschnitt durch Gummischlauchleitung. NSSHC.

erfolgt über den Spannungsrückgangsauslöser selbsttätige Abschaltung des Schrämkabels. Damit sich Zerstörungen zuerst auf die Hilfsleiter auswirken, sind diese weiter nach außen als die Hauptleiter gelegt, die auch gegen Zugbeanspruchung weniger empfindlich sind. (C. Körfer, Glückauf Bd. 67, S. 532.) *Ka.*

Elektromaschinenbau.

Über die Verwendbarkeit des Transverters. — Durch die Veröffentlichungen über die Transverter nach den Calverley-Highfield-Patenten[1] hat der mechanische Synchrongleichrichter für höhere Leistungen wieder praktisches Interesse gewonnen. Bei den englischen Maschinen scheinen die eingetretenen Betriebschwierigkeiten nicht überwunden worden zu sein. Infolge seines einfachen Aufbaus könnte der Transverter erhebliche Vorteile gegenüber anderen Umformern bieten. Daher hat der Verfasser an einer Versuchsmaschine die praktische Verwendbarkeit nachgeprüft[2]. Die Mittel zur Verbesserung der Stromverwendung kann man im wesentlichen in 5 Gruppen einteilen (es wird auf die bisher veröffentlichten Patente verwiesen):

1. Kompensierung der Reaktanzspannung durch eine kurvengleiche Gegen-EMK durch Einbau von Wendepolen oder von Kondensatoren. Beides verteuert die Maschine zu sehr.

2. Benutzung eines geeigneten Zeitwertes der Hauptfeldspannung als Gegen-EMK. Von den verschiedenen Möglichkeiten, dies durch eine selbsttätige Einstellung der Phase zwischen Bürsten und Transformatorfeld zu erreichen, arbeitet die Regelung mit Läuferquerfeld im Antriebsmotor am günstigsten. Die Reaktanzspannung zu Beginn und Ende der Stromwendung kann angenähert gleich Null gesetzt werden; die Hauptfeldspannung verläuft nach einer Sinuskurve. Es ergeben sich also Restspannungen, freie Spannungen genannt. Zu Beginn und Ende der Stromwendung sind sie von der Größenordnung der zu kompensierenden Hauptfeldspannung. Hält man die freien Spannungen in den zulässigen Grenzen, so ist auch die Hauptfeldspannung nicht zu hoch und braucht nicht kompensiert zu werden. Es fehlt beim Transverter die „feld-

[1] ETZ 1924, S. 659; Z. VDI Bd. 68, S. 1061 (1924); Arch. El. Bd. 19, S. 579 (1927).

[2] Teilauszug aus der Dissertation H. Anschütz, Der Transverter und seine Leistungsgrenzen. T. H. Braunschweig 1930.

freie“ Zone. Man kann sie erhalten, wenn man der Hauptfeldspannung eine entsprechende Kurvenform gibt durch

3. einen Spezialgenerator, was höchstens für Großkraftübertragung lohnt, oder durch anormal hohe Sättigung im Transformator, was infolge der erforderlichen Kompensierung der Unsymmetrie-AW unwirksam ist.

4. Erhöhung des Widerstandes im Kurzschlußkreis. Wegen der besonderen Stromwendungschwierigkeiten beim Transverter können Hilfsmittel, die bei der Gleichstrommaschine keinen Erfolg brachten, hier noch weniger eine Besserung bieten.

5. Elektrische Ventile verteuern die Maschine zu sehr.

Da es somit kein brauchbares Mittel gibt, die Stromwendung zu verbessern, müssen beim Entwurf die freien Spannungen in den zulässigen Grenzen gehalten werden. Erfüllt man diese Bedingung, so zeigt sich, daß der Transverter für hohe Spannungen unwirtschaftlich ist. Bei Niederspannung (30 u. 60 V) ist die Bürstenbedeckung kleiner als eine Lamelle, was nach den Erfahrungen im Gleichstrommaschinenbau sehr ungeeignet ist. Da der Transverter noch weitere erhebliche Nachteile zeigt, so besteht wenig Aussicht, daß er sich neben andern Umformern behaupten wird. (H. A n s c h ü t z, Arch. El. Bd. 25, H. 4, S. 227.)

Meßgeräte und Meßverfahren.

Der Einfluß der Gestalt der Meßwandler auf ihre Fehler. — Die Fehler der Meßwandler (Abweichung des Übersetzungsverhältnisses vom Nennwert, Fehlwinkel) hängen von der Größe und Form der Wandler ab. Der Einfluß der Form wird untersucht. Es werden Formeln abgeleitet, aus denen die G r e n z e n der Wandlerfehler aus einigen allgemeinen Materialeigenschaften und der Wandlergestalt berechnet werden können. Für streuungsfreie S p a n n u n g s w a n d l e r ergibt sich:

$$\frac{\Delta \ddot{u}}{\ddot{u}} \cdot 100 \leq 2{,}53 \cdot 10^{9} \cdot \frac{1}{f}\, \sigma_1\, \eta\, \frac{\lambda_1\, l}{Q_1\, q} \left(\frac{1}{\mathfrak{B}_1^{\,0,4}} - \frac{1}{\mathfrak{B}_2^{\,0,4}} \right) [\%]$$

$$\delta \leq 4{,}53 \cdot 10^{0} \cdot \frac{1}{f}\, \frac{\sigma_1}{\mu}\, \frac{\lambda_1\, l}{Q_1\, q}\ [\text{Min.}].$$

Hierin sind $\frac{\Delta \ddot{u}}{\ddot{u}} \cdot 100$ der prozentuale Übersetzungsfehler, f die Frequenz, σ_1 der spezif. Widerstand des Drahtes der Primärwicklung [Ω cm], η und μ der Hysteresiskoeffizient und die Permeabilität des Eisens, λ_1 die mittlere Windungslänge der Primärwicklung [cm], Q_1 der gesamte Kupferquerschnitt der Primärwicklung [cm²], l die mittlere Eisenlänge [cm], q der Eisenquerschnitt [cm²], $\mathfrak{B}_1$ und $\mathfrak{B}_2$ die kleinste und größte Induktion im Eisen (entsprechend der kleinsten und größten Spannung, für die der Wandler gelten soll) und δ der Fehlwinkel. Der in beiden Formeln vorkommende Ausdruck $\lambda_1\, l/Q_1\, q = G$ wird der G e s t a l t f a k t o r des Spannungswandlers genannt, da er den Einfluß der Wandlergestalt auf die Wandlerfehler enthält.

Für streuungsfreie S t r o m w a n d l e r wird entsprechend abgeleitet:

$$\frac{\Delta \ddot{u}}{\ddot{u}} \cdot 100 \leq 2{,}53 \cdot 10^{9}\, \frac{\eta}{f}\, \frac{l}{q} \left(\frac{\sigma_2\, \lambda_2}{Q_2} + \frac{R}{w_2^2} \right) \left\{ \frac{1}{\mathfrak{B}_1^{\,0,4}} - \frac{1}{\mathfrak{B}_2^{\,0,4}} \right\} [\%]$$

$$\delta \leq 4{,}35 \cdot 10^{0} \cdot \frac{1}{f\, \mu}\, \frac{l}{q} \left(\frac{\sigma_2\, \lambda_2}{Q_2} + \frac{R}{w_2^2} \right) [\text{Min.}].$$

Hierbei sind σ_2 der spezif. Widerstand des Drahtes der Sekundärwicklung [Ω cm], λ_2 die mittlere Windungslänge und Q_2 der gesamte Kupferquerschnitt der Sekundärwicklung, w_2 die sekundäre Windungszahl, R die Bürde (rein ohmisch angenommen) in Ohm. Der Ausdruck $\lambda_2\, l/Q_2\, q = G$ wird der G e s t a l t f a k t o r des Stromwandlers genannt.

Es wird für Spannungs- u n d Stromwandler der Formwert eingeführt:

$$F = \frac{\lambda\, l}{Q\, q} \cdot v^{2/3},$$

wobei λ die mittlere Windungslänge, l die mittlere Eisenlänge, Q den gesamten Kupferquerschnitt der Wicklungen, q den Eisenquerschnitt, v das Volumen des Wandlers bedeuten. Es wird gezeigt, daß bei streuungslosen Wandlern der Formwert ungefähr den Höchstgrenzen der Wandlerfehler proportional ist. Mit Hilfe des Formwertes werden verschiedene Wandlerformen (einschenklig bewickelte, dreischenklige, ringförmige usw.) zahlenmäßig miteinander verglichen und die theoretisch günstigste Wandlerform beschrieben. — Die Berechnung des Gestaltfaktors und der Fehlergrenzen wird an zwei im Elektrotechn. Institut der Bergakademie Freiberg gebauten Meßwandlern durchgeführt und mit den gemessenen Fehlern verglichen. (J. K r u t z s c h, Arch. El. Bd. 24, H. 5, S. 593.)

Universal-Meßinstrument für Laboratorium und Werkstatt. — Ein Nachteil des sonst guten und preiswerten Meßinstrumentes „Mavometer“ der Firma P. Gossen & Co. in Erlangen war, daß man es nur für Gleichstrommessungen verwenden konnte. Um nun den Besitzern dieses Instrumentes die oft sehr erwünschte Möglichkeit zu geben, auch Wechselströme zu messen, hat Gossen für das Mavometer drei Zusatzgeräte unter der Bezeichnung Maveco V, Maveco mA und Maveco A herausgebracht. Die Meßbereiche sind folgende. Maveco V gilt für Wechselspannungsmessungen und besitzt die 6 Meßbereiche 0 ... 5/25/50/100/250 und 500 V. Der Stromverbrauch beträgt 3 mA. Maveco mA dient für Wechselstrommessungen mit den 6 Meßbereichen 0 ... 5/10/25/50/100 und 250 mA. Das Zusatzgerät Maveco A schließlich ist ebenfalls für Wechselstrommessungen bestimmt, ist jedoch für die 5 Meßbereiche 0 ... 0,5/1/2,5/5 und 10 A eingerichtet. Das letzte Gerät kann für sehr starke Ströme unter Benutzung eines besonderen Stromwandlers mit 6 Meßbereichen für 0 ... 10/25/50/100/250 und 500 A verwendet werden.

Die Zusatzgeräte selbst bestehen im wesentlichen aus kleinen Kästen, die einen Trockengleichrichter enthalten (das Mavometer ist bekanntlich ein hochempfindliches D r e h s p u l instrument). Die Kästen werden mittels zweier Metallzungen an das Mavometer angesteckt und tragen auf ihrer Oberseite Anschlußklemmen bzw. -buchsen für die entsprechenden Meßbereiche. Jedem Meßbereich entspricht auf dem Maveco eine Doppelskala, von denen die untere in 50 Grade geteilt ist und der 50teiligen Mavometerskala gleicht, während die obere die dazugehörigen Wechselstromwerte angibt. Die Messung geht so vor sich, daß man auf der 50 °-Mavometerskala den Zeigerausschlag abliest und den gleichen Wert auf der 50teiligen Mavecoskala (natürlich in dem richtigen Meßbereich) aufsucht. Die darüber, auf dem oberen Teil der Doppelskala stehende Zahl gibt das gesuchte Resultat an. Abb. 3 zeigt das Mavometer mit Zusatz für Wechselspannungsmessungen. Die Zusatzgeräte sind ebenso wie das Mavometer selbst sorgfältig und sauber gebaut.

Abb. 3. Mavometer mit Maveco V.

Die Angaben des Instrumentes sind wie die aller Geräte mit Trockengleichrichter von Kurvenform des Wechselstroms, von Frequenz und Temperatur abhängig. Zur Eichung wird sinusförmiger Wechselstrom bei einer Temperatur von 20 ° C verwendet, so daß die Messungen mit den Effektivwerten des Stromes mit einer Genauigkeit von ± 1 % des Skalen-Endwertes übereinstimmen. Während Frequenzabweichungen unter rd. 1000 Hz unberücksichtigt bleiben können, ist bei größeren Abweichungen rd. 0,25 % für je 1000 Hz in Rechnung zu setzen. Der Temperaturfehler beläuft sich auf etwa 0,15 % für 1 ° C. *J. Ps.*

Heizung. Öfen.

Elektrische Schweißung in den V. S. Amerika. — Die elektrische Bogenschweißung befindet sich in Amerika auf zwei Gebieten in nahezu stürmischer Ausbreitung, u. zw. im Stahlhochbau und im Maschinenbau, bei denen es sich in der Hauptsache um Ersatz von gegossenen Teilen (in Guß oder Stahlguß) durch solche aus geschweißten Stahlbauteilen handelt. In Nordamerika sind im vergangenen Jahr eine ganze Reihe bedeutender Stahlbauten mittels der elektrischen Bogenschweißung errichtet worden, darunter solche mit 15 Stockwerken, wie Büro- und Geschäftshäuser, Fabrikgebäude, Hallen usw. Mittlerweile hat die American Welding Society, genau wie der deutsche Fachausschuß für Schweißtechnik des VDI, Richtlinien für die Errichtung von geschweißten Stahlbauten herausgegeben, die von den einzelnen Gemeinden in ihre Bauvorschriften aufgenommen worden sind. (Westingh. Techn. Press Serv. 1930, A-8789.) *J. C. F.*

Bahnen und Fahrzeuge.

Elektrisierung der Schweizerischen Bundesbahnen. — Am 4. X. 1931 ist der elektrische Betrieb auf der Linie Neuchâtel—Le Locle—Col-des-Roches eröffnet worden. Diese Linie hat eine Baulänge von 38 km und ist eingleisig. Die Fahrleitung wurde im Gegensatz zu den früher elektrisierten Linien durchwegs mit Doppelisolation ausgerüstet, um die unliebsamen Störungen durch Vögel auf ein Mindestmaß zu verringern. Auf dem Fahrleitungsgestänge ist ferner eine Hilfsleitung montiert, die durch die verschiedenen Tunnel in einem Kabel geführt wird. Diese hat den Zweck, Störungen auf der Fahrleitung auf eine möglichst kurze Strecke zu beschränken. Die Lichtleitungen in den Stationen sind gekabelt worden, ebenso die Telephon-, Telegraphen- und Signalleitungen, die längs der Bahn verlaufen. Die Kosten dieser Elektrisierung mit dem Unterwerk in Neuchâtel, der Erweiterung des Unterwerkes Kerzers und der Übertragungsleitung Kerzers—Neuchâtel, aber ohne Lokomotiven, betragen rd. 5 500 000 Fr.

Durch die Einführung des elektrischen Betriebes auf der Linie Neuchâtel—Le Locle—Col-des-Roches können die Fahrzeiten der Personenzüge auf der Bergfahrt um 21 min und diejenigen der Eilzüge um 13 min verkürzt werden. Bei der Talfahrt beträgt die Verkürzung für die Personenzüge 4 min und für die Eilzüge 9 min. *Egb.*

Elektrischer Betrieb der Moskauer Nordbahn. — Im Oktober 1929 wurde der elektrische Vorortverkehr Moskau—Mytischtschi mit 1650 V Fahrleitungspannung in Betrieb genommen[1]. Die anschließenden Strecken nach Puschkino und Schtschelkowo (Abb. 4) werden 1932 elektrisiert sein. Es liegt ein ausgesprochener Berufs- und Ausflugsverkehr vor, der infolge des großen Bevölkerungszuwachses Moskaus nicht mehr mit Dampfzügen genügend wirtschaftlich durchgeführt werden konnte. Die Moskauer Städt. E. W. (Moges) liefern durch Kabel Drehstrom von 6,5 kV an die Gleichrichterunterwerke Moskau III (bei vollem Ausbau mit 4000 kW Leistung), Mytischtschi (5000 kW), Puschkino (3000 kW) und Schtschelkowo (2000 kW). Bei der 1000 kW-Transformator-Gleichrichter-Einheit ist der Transformator-Sternpunkt zugleich Negativpol der Gleichstromseite und liegt an der Fahrleitungs-Sammelschiene, so daß der Pluspol an Erde liegt. Die Gleichrichter-Schnellschalter schalten nur bei inneren Gerätestörungen die Rückströme ab (Selektivschalter), während Netzkurzschlüsse durch Überstrom-Streckenschalter abgeschaltet werden. Die Unterwerke arbeiten vom Hochspannungs-Ölschalter bis zu den Streckenschaltern vollselbsttätig. Zwecks Überwachung dieser Anlagen sind in den benachbarten Bahnhofsgebäuden Leuchtschildertafeln angebracht. Die Ursache der einzelnen Störung melden jedoch Leuchtschilder in den Unterwerken selbst. Die Fahrleitung ist als Vielfachfahrleitung nach der Einheitsbauart der Deutschen Reichsbahn ausgeführt. Bei ihrem Entwurf mußte berücksichtigt werden, daß Temperaturunterschiede von + 40 ° auf — 30 ° C einflußlos bleiben und daß die Stromstärke von 700 A je Fahrzeug-Stromabnehmer-Doppelwippe bei 100 km/h Geschwindigkeit einwandfrei abgenommen werden kann. Spannfeldweiten bis zu 80 m waren zulässig. Das Tragseil ist in der Geraden über Gleismitte fest abgefangen, hingegen wird der Fahrdraht mit ± 0,5 m Zickzackführung in etwa 15 000 m-Abständen durch Gewichte selbsttätig nachgespannt. Bei vollem Ausbau der Strecken wird ein Querschnitt von 350 mm² je Gleisleitung nötig. Eingebaut wurden: ein Cu-Fahrdraht von 100 mm², ein Bronze-Tragseil mit 120 mm² bei 60 % der Cu-Leitfähigkeit und eine Cu-Verstärkerleitung von 95 mm² Querschnitt. Über mehreren Gleisen wurde die gut durchsichtige Querseil-Aufhängung gewählt, bei Einzelgleis Schrägausleger. Bemerkenswert ist die Verwendung von Mast-Trennschaltern, die durch einen eingebauten Motor fernbetätigt werden können. Die vorbeschriebenen Einrichtungen, die von BBC geliefert wurden, speisen die Triebwagenzüge, deren mechanischer Teil nebst den Triebmotoren in Rußland, hingegen die übrige elektrische Ausrüstung von Metrovick, Manchester, gebaut wurden. Die Einheit bildet ein sogenannter Halbzug, der aus dem in der Mitte laufenden Drehgestell-Triebwagen mit 4 Nasenmotoren von je 175 PS Dauerleistung bei 750 V besteht und dem vorn und hinten je ein Führerstands-Beiwagen zugeordnet ist. Faltenbälge zwischen den einzelnen 20 m langen und 3,5 m breiten Wagen erleichtern die Verteilung der Reisenden, denen je Wagen 108 Sitz- und 42 Stehplätze zur Verfügung stehen. Die Zugänge durch zweiflüglige Klapptüren liegen an beiden Wagenenden in Vorräumen, der Führerstand am jeweils vorderen rechten Vorraum. Die Steuerung ist vollselbsttätig. (BBC-Nachr. Mannh. Bd. 18, S. 95.) *Mal.*

Abb. 4. Moskau und Umgebung.

Untergrundbahn Buenos Aires. — Es wird uns aus Buenos Aires gemeldet, daß dort die Lacroze-Untergrundbahn eröffnet worden ist. Wir berichteten schon über den Bau dieser Bahn[1], von der nun die erste Teilstrecke von 7,5 km Länge fertiggestellt und in Betrieb genommen worden ist. Die Reststrecke von 1,2 km soll noch in diesem Jahre fertig werden. Diese Untergrundbahn dient gewissermaßen als Verlängerung der derselben Gesellschaft gehörenden Vorortbahn. Der Bahnhof Lacroze oder Chacarita ist viergleisig ausgebaut worden, wovon 2 Gleise den Fernzügen vorbehalten sind. Von den Bahntunneln konnten 3,1 km in offener Bauweise hergestellt werden, da die Straßenzüge 26 m breit sind. Die Tunnel haben rechteckigen Querschnitt und eine Reihe eiserner Stützpfeiler zwischen den beiden Gleisen. Der Rest der ganzen Linie wird als Gewölbetunnel mit gemeinsamer Mittelmauer ausgeführt. Die Spannung der als 3. Schiene verlegten Fahrleitung beträgt 575 V. Die Triebwagen sind ganz aus Eisen hergestellt und haben 47 Sitzplätze. Im normalen Betrieb führen die Züge 4 solcher Wagen. Die Zugfolge beträgt im Stoßverkehr 2,5 min. Für die Überführung der Fernzüge in die Stadt dienen Lokomotiven. Es wird sich zeigen, ob dieser Betrieb in den eigentlichen Stadtschnellbetrieb eingeschachtelt werden kann. Bei der ersten Linie in Buenos Aires hatte man die Vereinigung der Straßenbahn mit der Stadtschnellbahn durchführen wollen, mußte davon indessen aus begreiflichen Gründen wieder absehen. *e*

[1] Vgl. ETZ 1928, S. 1051 u. 1445.

[1] ETZ 1930, S. 1331 u. Abb. 1, Linie *b*.

Bergbau und Hütte.

Selbsttätige Streckenschalter für Grubenbahnen. — Da im Betrieb elektrischer Grubenbahnen mit zahlreichen Kurzschlüssen und Überlastungen zu rechnen ist, werden die einzelnen Streckenabschnitte heute durchweg mit Überstrom-Selbstschaltern ausgerüstet. Um von der Anwesenheit und Aufmerksamkeit des Bedienungspersonals unabhängig zu sein, wählt man selbsttätige Wiedereinschaltung; das setzt voraus, daß entweder die Zahl der Wiedereinschaltungen begrenzt wird ober besser der Einbau einer geeigneten Prüfeinrichtung vorgesehen ist. Die letztere Einrichtung hat den Zweck, jedes Einschalten des Selbstschalters auf einen bestehenden Kurzschluß bzw.

1 Selbstschalter
2 Relais
a hochohmiger Vorwiderstand
b niedrigohmiger Vergleichswiderstand
r Prüfwiderstand

Abb. 5. Prüfschaltung für Streckenschalter: *α*) bei Allein- und Parallelbetrieb, *β*) bei Alleinbetrieb, *γ*) in Ausläuferstationen.

auf eine Überlast von vornherein zu vermeiden. Abb. 5 α zeigt eine Prüfschaltung für Allein- und Parallelbetrieb, während Abb. 5 β nur für Alleinbetrieb zu verwenden ist. Unter Alleinbetrieb ist zu verstehen, daß der betreffende Streckenabschnitt nur über e i n e n Streckenschalter gespeist wird und eine Unterspannungsetzung von anderen Stromquellen oder anderen Streckenschaltern her nicht in Betracht kommt. Bei Parallelbetrieb kann die Speisung der Strecke von mehreren Seiten vorgenommen werden; hierzu gehört auch eine Streckenspeisung, die normalerweise im Alleinbetrieb arbeitet, über Streckenkupplungsschalter oder provisorische Kuppelleitungen aber auch den Parallelbetrieb in Ausnahmefällen erlaubt. Abb. 5 γ ist eine Schaltung für kleine Ausläuferstationen, wenn zur Verbesserung der Spannungsabfälle dicht vor Ort ein Gleichrichter mit Streckenschalter aufgestellt ist, der nur dann einschalten soll, wenn die Strecke vom Schacht her bereits unter Spannung ist. Man verwendet in diesem Falle nur ein Spannungsrelais, das bei einem gewissen Prozentsatz der Normalspannung den Streckenschalter betätigt (z. B. Station *A* in Abb. 6). B. F l e c k stellt folgende Forderungen an die selbsttätigen Streckenschalter und Prüfeinrichtungen:

1. Der Selbstschalter muß auslösen bei Überstrom und bei Nullspannung.
2. Er muß selbsttätig wieder einschalten, wenn der Grund zur Auslösung behoben ist.
3. Die Prüfeinrichtung muß unabhängig von den Schwankungen der Betriebsspannung arbeiten.
4. Die Prüfeinrichtung muß auch dann noch eine Wiedereinschaltung des Streckenschalters freigeben, wenn außer der Licht- und Kompressorenlast der auf der Strecke liegenden Züge noch eine gewisse Motorenlast besteht. Diese Last ist dadurch bedingt, daß die Fahrer erfahrungsgemäß bei Spannungsloswerden des Fahrdrahtes mit der Kurbel nicht alle in die Nullstellung zurückgehen. Die Prüfeinrichtung darf daher nicht aus einer einfachen Isolationsmessung bestehen, sondern muß je nach den Betriebsbedingungen einen gewissen Nutzlastwert der Nennleistung des Streckenschalters zur Wiedereinschaltung des Selbstschalters freigeben. Erst wenn die Stromstärken über diesen Werten liegen, darf eine Verriegelung der Wiedereinschaltung erfolgen.

Die selbsttätigen Streckenschalter werden insbesondere in Verbindung mit den Gleichrichtern wertvoll, weil der Gleichrichter ebenso wie der selbsttätige Streckenschalter keinerlei Bedienung erfordert. In Abb. 6 spielt sich der Vorgang bei einem Kurzschluß in *K* so ab, daß zunächst sämtliche Schalter *1*, *2*, *4* und *5* und infolge Nullspannungsauslösung auch Schalter *3* fallen. Sodann baut sich aber der Betrieb innerhalb weniger Sekunden selbsttätig wieder auf. Schalter *1* schaltet ein, weil er zwischen *1* und *2* einen gesunden Streckenteil feststellt. Auf gleiche Weise schalten die Schalter *2*, *3* und *4*. Schalter *5* stellt einen Kurzschluß fest und schaltet nicht mehr ein. Die

A Ausläufer-Gleichrichteranlage
H Hauptgleichrichteranlage am Schacht
K Kurzschlußstelle
1 Streckenschalter
2...5 Streckenkupplungsschalter
6 Streckenschalter mit Spannungsrelais ohne Prüfwiderstand

Abb. 6. Streckenplan einer Grubenbahnanlage.

Fehlerstelle bleibt also abgeschaltet. Bei Behebung des Fehlers schaltet *5* unmittelbar ohne besonderen Befehl wieder ein. (B. F l e c k, Mitt. Oberschl. Bezirksverein VDI, des Oberschl. EV u. des Oberschl. Bezirksvereins d. Vereins dt. Chemiker Bd. 22, S. 17.) *Ka.*

Fernmeldetechnik.

Der neue russische Radio-Fünfjahrplan. — Im Frühjahr dieses Jahres wurde der Fünfjahrplan für das Radiowesen vollkommen neu aufgestellt, da sich zeigte, daß die beiden ersten Jahre verloren waren, u. zw. in erster Linie infolge mangelhafter Organisation der maßgeblichen Stellen WEO und Narkompotschtel. Zunächst sollen 65 Mill Rbl in den Ausbau des geplanten kommerziellen Radionetzes, welches in Abb. 7 dargestellt ist, gesteckt werden. Die Hauptlinien werden mit Kurzwellensendern von 15 und 20 kW betrieben, während die mittleren Entfernungen mit Langwellensendern betrieben werden sollen. Bis jetzt besitzt Moskau drahtlose Verbindungen mit Tiflis, Baku, Taschkent, Swerdlowsk, Alma-Ata, Irkutsk und Nowo-Sibirsk sowie New York, Berlin, Paris, Wien, Rom, Angora und Teheran. Die gestrichelten Linien sollen Sonderaufgaben dienen, z. B. Meldungen von Eisgefahr. Leningrad und Charkow sollen ebenfalls mit den Bezirken und dem Ausland durch Radionetze verbunden werden. Das Radionetz beförderte 1929/30 nur etwa 6,5 % des gesamten Telegrammverkehrs. Es sollen alle Anstrengungen gemacht werden, den Prozentsatz auf 50 zu treiben. Für kürzere Entfernungen sollen Kurzwellensender von 1 kW für den Verkehr zwischen den Provinzen und von 100 ... 150 W für den Verkehr innerhalb der Provinzen eingesetzt werden. In den Kolchosen sollen mehrere tausend Ultrakurzwellen-Sender aufgestellt werden.

Abb. 7. Das kommerzielle Sendernetz der Sowjetunion nach dem Fünfjahrplan.

Das Rundfunksendernetz soll an Leistung bedeutend verstärkt werden. Anfang 1931 gab es 60 Rundfunksender mit 450 kW Gesamtleistung. Davon besaßen einer 100 kW,

dreizehn 10...30 kW, die übrigen unter 4 kW. Die Zahl der Sender soll nach dem Plan auf 63 gebracht werden, die Gesamtleistung aber auf 2620 kW. 15 Sender sollen 100 und mehr kW ausstrahlen, 12 20 kW und 40 kW und 36 10 kW. Entsprechend ist der Plan für den Ausbau des Empfängernetzes. Augenblicklich gibt es nur etwas über 1 Mill Empfänger. Die Zahl soll bis auf 14 Mill gesteigert werden. Die Kosten werden auf etwa ½ Mrd. Rbl. geschätzt. *Wg.*

Physik und theoretische Elektrotchnik.

Experimentelle Bestimmung der Magnetisierungskurve für hohe Induktionen. — Ohne übermäßigen Kupferverbrauch läßt sich die Magnetisierungskurve mit den üblichen Ringmethoden nicht über 400 A/cm aufnehmen. Die für hohe Induktionen ausgearbeiteten Isthmusmethoden sind für Bleche infolge der Wirkung der Blechränder wenig geeignet, erfordern große Korrekturen und umfangreiche Apparate. Mit der folgenden Differentialmethode ist es gelungen, die Induktion am inneren und die am äußeren Blechrand sehr breiter Ringe zueinander in Beziehung zu setzen dadurch, daß durch eine Gegenschaltung der unbekannte Induktionsverlauf im zwischenliegenden Gebiet übersprungen wird. Man kann also aus der leicht meßbaren Induktion bei einer kleinen Feldstärke die Induktion für ein beliebiges Vielfaches dieser Feldstärke bestimmen.

Die Feldstärke in einem Eisenring, der durch eine Durchflutung Θ_1 durch seine Bohrung erregt ist, nimmt umgekehrt proportional dem Radius r_I ab. Verändert man die Durchflutung auf Θ_2, so treten die gleichen Feldstärken wie im vorhergehenden Falle bei anderen Radien r_{II} auf:

$$\Theta_1 : r_I = \Theta_2 : r_{II}.$$

Bei geringer Verschiedenheit von Θ_1 und Θ_2 müssen sich also die Flüsse eines großen Teils des Querschnittes ohne Kenntnis des Induktionsverlaufs zueinander in Beziehung setzen lassen. Bedeuten a den inneren, b den äußeren Radius der Blechringe und l die axiale Länge, so ist der Fluß $l F_I$ bei der Durchflutung Θ_1 zwischen den Radien $\frac{\Theta_1}{\Theta_2} a$ und b proportional dem Fluß $l F_{II}$ bei der Durchflutung Θ_2, aber zwischen den andern Radien a und $\frac{\Theta_2}{\Theta_1} b$, u. zw. ist

$$l F_I = \frac{\Theta_1}{\Theta_2} l F_{II}.$$

Als unbekannt bleibt die Summe der beiden Randflüsse zwischen a und $\frac{\Theta_1}{\Theta_2} a$ und zwischen b und $\frac{\Theta_2}{\Theta_1} b$ übrig. Bezeichnet man mit B_1 und B_2 die unbekannten Induktionen über den Mittelwerten dieser Radien, so wird der Gesamtfluß der Ringe

bei der Durchflutung Θ_1:

$$\Phi_1 = l F_I + l B_1 r_1 \left(\frac{\Theta_1}{\Theta_2} - 1\right),$$

bei der Durchflutung Θ_2:

$$\Phi_2 = l F_{II} + l B_2 r_2 \left(1 - \frac{\Theta_2}{\Theta_1}\right).$$

So ergibt sich die Beziehung der Induktion B_1 bei der großen Feldstärke dicht am inneren Rand zu der Induktion B_2 bei der viel kleineren Feldstärke am äußeren Rand aus den Gesamtflüssen bei verschiedenen Durchflutungen:

$$B_1 = \frac{\Phi_1 - \frac{\Theta_1}{\Theta_2} \Phi_2}{l a \left(\frac{\Theta_1}{\Theta_2} - 1\right)} + B_2 \frac{r_2}{r_1}.$$

Zur Messung des Flusses $\Phi_1 - \frac{\Theta_1}{\Theta_2} \Phi_2$ wurden 2 Pakete Blechringe benutzt, deren Bohrung ganz vom Querschnitt des aufgewandten Kupfers ausgefüllt wurde. Man mißt also die Induktion B_1 bei der mit der gegebenen Erregerwicklung denkbar größten Feldstärke. Der eine Ring trägt eine Zusatzwicklung, der die gemeinsame Durchflutung von Θ_2 auf Θ_1 erhöht. Der andere Ring trägt eine Probespule, deren Windungszahl im Verhältnis $\frac{\Theta_1}{\Theta_2}$ größer ist als die Windungszahl der Probespule des Ringes mit der im gleichen Verhältnis größeren Durchflutung. Die beiden Probespulen, gegeneinander geschaltet, ergeben ballistisch unmittelbar den Fluß $\Phi_1 - \frac{\Theta_1}{\Theta_2} \Phi$. Die Induktion B_2 für einen kleinen Bereich mittlerer Feldstärke wurde mit schmalen großen Ringen gemessen. Die Methode ist bei gleichen Querschnitten der Probespulen zur Flußmessung von den Streuflüssen neben dem Eisen vollkommen unabhängig. Die Korrektionsgröße bei ungleichen Querschnitten ist auf elektrischem Wege meßbar. Der Sättigungswert und das geradlinige Gebiet der Magnetisierungskurve sind schon aus der Differenzkurve ersichtlich.

Auf diesem Wege konnten mit einfachen Mitteln die Magnetisierungskurven von hochlegiertem und gewöhnlichem Dynamoblech bis zu Feldstärken von 10 000 A/cm aufgenommen werden. Eine sehr kurze Einschaltzeit erlaubt, die Stromstärke in der Wicklung fast beliebig groß zu machen. Um nun während eines sehr kurzen Stromstoßes Induktion und Strom mit einem gewöhnlichen Galvanometer messen zu können, wurde eine besondere Methode angewandt. Die Messung des Flusses beruht auf der Zusammensetzung symmetrischer Teile der Hysteresisschleife, die Messung des Scheitelwertes des Stroms auf dem Prinzip des magnetischen Spannungsmessers. Die dazu nötigen Umschaltungen wurden durch einfache Veränderungen an einem Schlitz erreicht.

Zu allen Messungen wurde ein Kriechgalvanometer benutzt. Bei seiner Verwendung zu Eisenuntersuchungen ergaben sich als Wirkung der veränderlichen Induktivität der Probespulen und bei Gegenschaltung durch unsymmetrische Nebenschlüsse noch nicht beachtete Fehlerquellen. (K. O. Lehmann, Arch. El. Bd. 24, H. 6, S. 804.)

Verschiedenes.

Vorlesungen im Haus der Technik, Köln. — Die Gesellschaft für technisch-wissenschaftliche Fortbildung in Köln gibt den Vorlesungsplan für das am 2. XI. begonnene Winterhalbjahr 1931/32 bekannt. Die z. T. mit Übungen verbundenen Vorlesungen finden in den Abendstunden im Haus der Technik, Köln, statt und behandeln neben zahlreichen anderen Gebieten auch die Elektrotechnik (6 Vortragsreihen). Hörerkarten können im Geschäftszimmer der Höheren Technischen Staatslehranstalt für Maschinenwesen, Ubierring 48, gelöst werden.

Eine Kunstharz-Veranstaltung in Essen. — Eine Ausstellung von Kunstharzen und Kunstharzpreßstoffen wird am 10. und 11. XI. 1931 in Essen im Haus der Technik veranstaltet. Ganz besonders stehen hier als Grundstoffe dieser Kunstharze die Nebenstoffe der Steinkohle im Vordergrund. Aus diesen chemischen Stoffen werden Kunstharze gewonnen, die zu einer ganz außerordentlich vielseitigen Verwendung in allen möglichen Industriezweigen gekommen sind. Durch Vorträge und Führungen wird den Verbrauchern die Möglichkeit der Verwendung und auch die Herstellung und die Eigenschaft der Kunstharze und der Preßstoffe gezeigt.

Ausbildungskurse für Konstrukteure auf schweißtechnischem Gebiet. — Die Deutsche Gesellschaft für Elektroschweißung E. V. veranstaltet gemeinsam mit dem Außeninstitut der T. H. Berlin einen Kursus „Schweißgerechtes Konstruieren" in Form von wöchentlichen Aussprache-Abenden, insgesamt 4 Doppelstunden. Den einleitenden Vortrag hält Dr.-Ing. K. Haas am 6. XI., 18 h, im Hörsaal H 358 der T. H. Berlin. Anfragen an die Geschäftstelle der Dt. Gesellsch. f. Elektroschweißung, Berlin W 10, Corneliusstr. 3.

Jahresversammlungen, Kongresse, Ausstellungen.

Schau von Meßgeräten für staubförmiges Arbeitsgut, Berlin 1931. — Der Fachausschuß für Staubtechnik beim VDI veranstaltet vom 6. bis 20. XI. im Lichthof des Arbeitsschutzmuseums, Brl.-Charlottenburg, Fraunhoferstr. 11/12, eine Schau von Meßgeräten für staubförmiges Arbeitsgut, deren Vorbereitung und Leitung Patentanwalt Dr.-Ing. Meldau, Berlin, übernommen hat. Sie wird in wissenschaftlicher Ordnung bewährte Meßgeräte, Verfahren und Meßergebnisse sowie aussichtsvolle neue Vorschläge bringen. Eintrittskarten gibt die Geschäftstelle des VDI, Berlin NW 7, Ingenieurhaus, kostenlos ab.

3. Internationale Konferenz über bituminöse Kohle, Pittsburgh 1931. — Vom 16. bis 21. XI. veranstaltet, wie hier früher berichtet worden ist[1], das Carnegie Institute of Technology, Pittsburgh, diese dritte Konferenz, aus deren vorläufigem Programm zu ersehen

[1] ETZ 1931, S. 149.

ist, daß u. a. Dr. Fr. Münzinger von der AEG über Braun- und bituminöse Kohle in deutschen Kraftwerken, Dr. R. Pawlikowski von der „Kosmos" Maschinenbauanstalt in Görlitz über den Fortschritt des neuen Staubkohlenmotors[1] sprechen und der Consulting Engineer G. A. Orrok, New York, einen wirtschaftlichen Vergleich zwischen Wasser- und Dampfkraft anstellen werden.

Energiewirtschaft.

Die Elektrizitätswerke der Schweiz im Jahr 1929. — Die letzte „große" Statistik des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins betraf das Jahr 1925[2], und ihren Angaben werden nunmehr diejenigen von 1929 gegenübergestellt[3]. Wir beziehen uns hinsichtlich der Bezeichnungen auf den in der ETZ 1925, S. 129, erschienenen Bericht und lassen zunächst wieder die entsprechend abgeänderte Übersicht über die Primär- und Sekundärwerke sowie nunmehr auch über die Einzelanlagen[4] folgen, nach der Ende 1929 insgesamt 1264 Elektrizitätswerke der beiden ersten Gruppen (1925: 1321) der direkten Versorgung von 5483 Ortschaften (5370) als Erzeuger bzw. Wiederverkäufer gedient haben.

547 500 kW möglicher Selbsterzeugung stellte sich das Anlagekapital auf 359,165 Mill Fr, u. zw. für solche ohne Wasserakkumulation im Mittel auf 740, bei Wasserakkumulation auf 550 und bei den kalorischen Werken auf durchschnittlich 710 Fr/kW. Für 30 nach 1917 erbaute Anlagen dieser Art mit 430 000 kW wird das Anlagekapital zu 370,635 Mill Fr, u. zw. im Mittel ohne Wasserakkumulation zu 835, mit solcher zu 880 und für die kalorischen Werke zu 730 Fr/kW angegeben. Unter den Stromarten steht der verfügbaren Gesamtleistung nach, abgesehen von Gruppe C, Drehstrom wiederum an erster Stelle; ihm folgen bei den Werken A I und B dieser zusammen mit Einphasenstrom, bei A II Gleichstrom nebst Drehstrom. In Gruppe C hat Einphasen- mit Dreiphasenstrom das Übergewicht. Daß heute nahezu alle großen Unternehmungen mit 50 Hz arbeiten bzw. dazu übergehen, war schon in der Statistik für 1925 bemerkt worden. Als Maximum der in den Verteilungsanlagen verwendeten Wechselstromhochspannungen sind 135 ... 150 kV genannt, doch benutzen die meisten Werke 8000 ... 9700 V. Die Gebrauchsniederspannungen schwanken bei Gleichstrom im wesentlichen zwischen 110 und 440 V, bei Wechselstrom zwischen 125 und 525 V. Die Primärwerke A I verfügten

	Primärwerke				Sekundärwerke				Einzelanlagen	
	A I		A II		B I		B II		C	
	1925	1929	1925	1929	1925	1929	1925	1929	1925	1929
Zahl der Elektrizitätswerke (bei C der Unternehmungen)	101	105	203	168	55	58	962	933	31	28
„ „ Kraftwerke	187	191	213	175	—	—	—	—	60	62
„ „ direkt versorgten Ortschaften	3 035	3 260	445	331	216	246	1 674	1 646	—	—
Höchste verfügbare eigene Primärleistung . . kW	857 900	980 000	13 320	12 075	—	—	—	—	310 850	369 900
davon hydraulisch „	796 200	920 000	11 600	10 550	—	—	—	—	305 500	364 500
„ kalorisch „	61 700	60 000	1 720	1 525	—	—	—	—	5 350	5 400
Verfügbare Fremdleistung „	465 050	640 000	6 560	7 350	115 450	161 100	59 550	72 200	25 600	39 000

Bei den Werken der Gruppe A I herrschen, was die juristische Form betrifft, Gemeindeunternehmen und Aktiengesellschaften, bei A II Privatunternehmen und Gemeindeunternehmen, bei B I Gemeindeunternehmen und bei B II ebenfalls solche sowie Genossenschaften vor; die Gruppe C wird vorwiegend von Aktiengesellschaften gebildet.

Für 191 (187) Kraftwerke A I mit einer mittleren Produktionsmöglichkeit[5] von im Sommer 2430 (2110), im Winter 1930 Mill kWh (1701) und einer Erzeugung von entsprechend 1956 (1364) bzw. 1794 Mill kWh (1338) bei 80,5 bzw. 93 % Ausnutzung der möglichen Arbeit (65,0 bzw. 78,5 %), betrug das Anlagekapital 736 Mill Fr (634). Von den Primärwerken sind im Berichtsjahr direkt an ihre Abnehmer (ohne Sekundärwerke) im Inland 2380 Mill kWh verkauft worden (1869); die Sekundärwerke haben von jenen 400 Mill kWh bezogen (215), und 990 Mill kWh wurden exportiert (654), so daß sich eine Gesamterzeugung von 3770 Mill kWh (2738) und für den Anschlußwert von 2,513 Mill kW (1,871) 1500 h (1470) Benutzungsdauer ergeben. Die Anlagekosten der Verteilungsanlagen von 95 Primärwerken A I mit insgesamt verfügbaren 1,294 Mill kW betrugen 466 Mill Fr oder durchschnittlich 360 Fr/kW, die von 51 Sekundärwerken B I mit 121 500 kW 55,91 Mill Fr bzw. 460 Fr/kW. Für 161 vor 1917[6] errichtete Kraftwerke A I mit insgesamt

[1] Vgl. ETZ 1928, S. 1507.

[2] Vgl. ETZ 1927, S. 1781; über die „kleine" Statistik von 1927 s. ETZ 1929, S. 1280.

[3] Statistik der Elektrizitätswerke der Schweiz, abgeschlossen Ende 1929. Bearb. v. Starkstrominspektorat (Ing. F. Sibler). Verlag: Generalsekretariat d. SEV u. VSE, Zürich, Seefeldstr. 301. Preis geb. 15 Fr.

[4] Dazu gehören die Schweiz. Bundesbahnen.

[5] Die dem Stand des Ausbaus der Kraftwerke und dem mittleren jährlich wiederkehrenden Wasserzufluß entsprechende Erzeugung.

[6] Man hat das Jahr 1917 als das einer beginnenden wesentlichen Verteuerung der Baukosten angenommen.

1929 über 720 Generatoren (713) von zusammen 1,296 Mill kVA (1,133) bei 1800 kVA mittlere Leistung (1590), die Werke A II über 272 Stromerzeuger (329) von zusammen 13 900 (14 990) bzw. im Mittel 51 kVA (46) und die Einzelanlagen über 205 Generatoren (214) von insgesamt 446 500 (356 500) bzw. im Durchschnitt 2180 kVA (1660). Bei den Hochspannungsnetzen hat die Stranglänge[1] der Freileitungen 15 500 (14 560), die Grabenlänge der Kabelleitungen etwa 1535 km (etwa 1106) und bei den Niederspannungsleitungen erstere 28 400 (25 900), letztere rd. 3000 km (rd. 2300) erreicht. Die Gesamtleistung der in 11 700 Stationen (10 862) untergebrachten Transformatoren betrug rd. 2,889 Mill kVA (rd. 2,123). Der Anschlußwert einschl. Bahnen ist im Berichtsjahr bei den Primärwerken A I auf 1,938 Mill kW (1,490), bei A II auf 39 000 kW (35 300) gestiegen, für die Sekundärwerke B I werden 0,3 Mill kW (0,172), für B II 0,236 Mill kW (0,173) genannt. Als Gesamtanschlußwert aller Werke ergeben sich somit 2,513 Mill kW (1,871), wovon 0,92 Mill kW (0,556) allein auf Wärmeapparate entfallen. Von im ganzen 1,311 Mill Abonnementen (1,102) waren 1,068 (0,837) Zähler- und 0,243 (0,265) Pauschalabonnemente. Schließlich sagt die Statistik, daß der Konsum elektrischer Arbeit in der Schweiz (ohne Bahnen, Elektrochemie usw.) bei einer mittleren Wohnbevölkerung von 4,052 Millionen je Einwohner ohne den Export 685 (529) und mit der Ausfuhr 930 kWh (695) ausmachte. Der Anschlußwert der Verbrauchsapparate belief sich je Einwohner für Beleuchtung auf 105 (86), für Motoren auf 180 (151) und für Wärmegeräte auf 225 (141) W, d. h. insgesamt (ohne Bahnen) auf 590 (477) W[2].

[1] Strang ist die Gesamtheit der auf einem Gestänge montierten Leiter.

[2] Die Statistik enthält zahlreiche Erläuterungen und Fußnoten, die bei ihrer Benützung beachtet werden müssen.

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33 II, Fernspr.: C 4 Wilhelm 8885 u. 8886 zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Jahresbeitrag der inländischen Mitglieder für 1932.

Der Mitgliedsbeitrag für das Jahr 1932 beträgt:

I. für persönliche inländische Mitglieder . . . . 30 RM

für Jungmitglieder, die eine behördliche Studienbescheinigung für 1932 vorlegen . . . . 15 RM

II. für korporative inländische Mitglieder:

1. Behörden, Schulen, wissenschaftl. Vereine usw. . . . . 36 „
2. Sonstige körperschaftliche Mitglieder, städt. und staatl. Betriebe, auch Eltwerke, Privatfirmen, offene Handelsgesellschaften mit beschränkter Haftung, Aktiengesellschaften usw., die beschäftigen:

a) bis 50 Angestellte und Arbeiter . . 50 RM
b) von 51 bis 100 Angestellte und Arbeiter . . . . 75 „
c) von 101 bis 250 Angestellte und Arbeiter . . . . 120 „
d) von 251 bis 500 Angestellte und Arbeiter . . . . 150 „
e) von 501 bis 1000 Angestellte und Arbeiter . . . . 300 „
f) von 1001 bis 2500 Angestellte und Arbeiter . . . . 450 „
g) von 2501 bis 5000 Angestellte und Arbeiter . . . . 600 „
h) von 5001 bis 10 000 Angestellte und Arbeiter . . . . 900 „
i) von 10 001 bis 20 000 Angestellte und Arbeiter . . . . 1500 „
k) über 20 000 Angestellte und Arbeiter 2400 „

Die Beiträge werden bis spätestens 15. November 1931 auf das Postscheckkonto: Elektrotechnischer Verein, Berlin Nr. 133 02 erbeten, da sonst die ordnungsmäßige Zustellung der ETZ über den 1. Januar 1932 hinaus nicht gewährleistet werden kann. Unsere ausländischen Mitglieder erhalten besondere Mitteilung.

Einladung zum Bezug

der „Vierstelligen Tafeln der Kreis- und Hyperbelfunktionen sowie ihrer Umkehrfunktionen im Komplexen".

Im Rahmen seiner Bestrebungen um die Förderung der Fachwissenschaft hat der Elektrotechnische Verein ein Tafelwerk über „Vierstellige Tafeln der Kreis- und Hyperbelfunktionen sowie ihrer Umkehrfunktionen im Komplexen" herstellen lassen. Die Tafeln sind von Robert Hawelka, Assistent an der Deutschen Technischen Hochschule in Brünn, berechnet und erläutert sowie von Dr.-Ing. e. h. Dr. techn. e. h. Fritz Emde, o. Professor an der Technischen Hochschule in Stuttgart, herausgegeben. Ihre Benutzung wird die Ausführung numerischer Berechnungen von Wechselstromaufgaben der verschiedensten Art außerordentlich erleichtern. Dadurch, daß der Elektrotechnische Verein das Unternehmen in eigne Hand genommen hat, ist es möglich geworden, das Werk den Mitgliedern zu einem so geringen Preise zur Verfügung zu stellen, wie er auf dem gewöhnlichen Wege nie zu erreichen wäre. Man kann den Tafeln die Werte für die vier Kreisfunktionen und für die vier Hyperbelfunktionen sowie für ihre Umkehrungen: die Arcus- und Area-Funktionen unmittelbar entnehmen. Es ist alle erdenkliche Sorgfalt darauf verwendet worden, den Bedürfnissen des praktischen Rechners gerecht zu werden und den Gebrauch der Tafeln so bequem und so sicher wie nur möglich zu gestalten. Zahlreiche instruktive Figuren gewähren Überblick und Anhalt. Eingedruckte Formeln und Hinweise sorgen dafür, daß die Aufmerksamkeit nicht durch theoretische Erwägungen von der Zahlenrechnung abgezogen wird. Besondere mathematische Kenntnisse, etwa der Funktionentheorie, werden nicht vorausgesetzt. Beziehungen, die nicht schon jedem bekannt sind, werden abgeleitet und erklärt. Der Gebrauch der Tafeln wird an vielen Beispielen eingehend erläutert. Die Erläuterungen sind zur Bequemlichkeit der ausländischen Mitglieder außer in deutscher auch noch in englischer und französischer Sprache gegeben. Das Werk umfaßt 109 Seiten großen Oktavformats.

Die Mitglieder des Elektrotechnischen Vereins erhalten das ausgezeichnete Werk zu dem Vorzugspreis von 7,50 RM (einschl. Porto- und Versandkosten) gegen Voreinsendung des Betrags (Postscheckkonto Nr. 13 302). Jedes Mitglied hat ferner das Recht, mehrere Exemplare zu diesem Preise zu beziehen. Bestellungen sind an die Geschäftsstelle Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 II, zu richten.

Elektrotechnischer Verein e. V.

Der Generalsekretär:

Dr. Schmidt.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker

(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33. Fernspr.: Amt C 4, Wilhelm 8864—8868. Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

VDE-Mitgliedsbeitrag für 1932.

Nach dem Beschlusse der Jahresversammlung vom 22. VI. 1931 bleibt der Jahresbeitrag für 1932 unverändert. Er beträgt:

A. Für persönliche Mitglieder, die durch einen angeschlossenen Verein angemeldet sind 30 RM
Jungmitglieder . . . . 15 „

B. Für persönliche, dem Verbande unmittelbar angehörende Mitglieder . . . 30 „
Jungmitglieder . . . . 15 „

C. Für körperschaftliche Mitglieder:
1. Behörden, Schulen, wissenschaftliche Vereine usw. . . . . 36 „
2. Sonstige körperschaftliche Mitglieder, städt. und staatl. Betriebe, auch Eltwerke, Privatfirmen, offene Handelsgesellschaften, Gesellschaften mit beschränkter Haftung, Aktiengesellschaften usw., die beschäftigen:
a) bis 50 Angestellte und Arbeiter . . . . 50 „
b) von 51 bis 100 Angestellte und Arbeiter 75 „
c) von 101 bis 250 Angestellte und Arbeiter 120 „
d) von 251 bis 500 Angestellte und Arbeiter 150 „
e) von 501 bis 1000 Angestellte und Arbeiter 300 „
f) über 1000 Angestellte und Arbeiter auf Anfrage.

Verbandsmitglieder, die **keinem Ortsverein** angehören, zahlen ihre Beiträge über unser **Postscheckkonto Berlin 213 12,** während alle **übrigen** Mitglieder die Beiträge an den **Verein abführen, dem sie als Mitglied angehören,** und zwar an dessen auf S. 1321 angegebenes **Postscheckkonto** oder Bankkonto.

Wir bitten wiederholt um **Beachtung** dieses Punktes, der auch in diesem Jahre leider nicht genügend beachtet worden ist, sodaß die Zustellung der ETZ infolgedessen verzögert wurde.

Entwurf 1.

Leitsätze für Erdungsstangen.

Inhaltsübersicht.

I. Gültigkeit.

§ 1.

Geltungsbeginn.

Diese Leitsätze treten am 1. Januar 1933 in Kraft.

§ 2.

Geltungsbereich.

Diese Leitsätze gelten gleichmäßig für Erdungstangen zur Verwendung sowohl in gedeckten Räumen als auch im Freien.

II. Verwendung.

§ 3.

Allgemeines.

Erdungstangen dienen zur Erdung und Kurzschließung von bereits spannungslos gemachten, d. h. allpolig von der Stromzuführung abgeschalteten Anlageteilen, an denen

Bekanntmachungen.

Kommission für Erdung.

Die Kommission für Erdung veröffentlicht im nachstehenden den Entwurf 1 der

„Leitsätze für Erdungsstangen",

die Ausführungsbestimmungen für den Bau von Erdungstangen enthalten, deren Verwendung für die Erdung und Kurzschließung zur Sicherstellung des spannungsfreien Zustandes bei Arbeiten an elektrischen Anlagen in § 6 m) der „Vorschriften nebst Ausführungsregeln für den Betrieb von Starkstromanlagen" vorgeschrieben ist.

Etwaige Einsprüche und Anregungen gegen die vorstehende Fassung sind in dreifacher Ausfertigung bis längstens zum 15. Dezember 1931 an die Geschäftstelle des VDE zu richten.

Kommission für Drähte und Kabel.

Der Jahresversammlung 1931 war von der Kommission für Drähte und Kabel der Schlußentwurf zu „Vorschriften für Leitungskupfer" vorgelegt (ETZ 1931, S. 621).

Auf Grund einiger nach der Veröffentlichung des Schlußentwurfes noch eingegangener Einsprüche hat die Jahresversammlung den Entwurf jedoch noch nicht endgültig angenommen, sondern dem Vorstand Vollmacht erteilt, die Arbeit nach geschäftsordnungsmäßiger Erledigung der vorliegenden Einsprüche durch die Kommission zu verabschieden.

Die Kommission für Drähte und Kabel hat gegenüber dem Schlußentwurf folgende Änderungen vorgenommen:

In § 3 muß unter a) 2 in der Zahl 0,018 183 die letzte Ziffer 3 gestrichen werden. Die richtige Zahl lautet:

„$^1/_{55}$ = 0,018 18".

In § 5 muß es unter a) heißen:

„1. bei weichgeglühtem unverzinnten Draht."

Im Schlußsatz des § 5 ist der Hinweis auf § 3 zu streichen, so daß dieser jetzt lautet:

„Die Bestimmungen des § 5 gelten nicht für Fernmeldekabel."

Der Vorstand hat den Änderungen seine Zustimmung erteilt. Die neuen „Vorschriften für Leitungskupfer" treten am 1. Januar 1932 in Kraft. Mit dem gleichen Tage werden die Kupfernormen (gültig ab 1. Juli 1914, angenommen durch die Jahresversammlung 1914, Vorschriftenbuch Seite 193) außer Kraft gesetzt.

Kommission für Freileitungen.

Auf Antrag des Arbeitsausschusses „Isolatoren" hat der Vorstand des VDE in seiner am 20. Oktober 1931 abgehaltenen Sitzung beschlossen, die Normblätter

DIN VDE 8007 „Kappenisolatoren Reihe K für Starkstrom-Freileitungen",

DIN VDE 8008 „Vollkernisolatoren Reihe MK für Starkstrom-Freileitungen"

außer Kraft zu setzen.

Ersatzblätter werden demnächst herausgegeben.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

gearbeitet werden soll; sie dienen ferner zum Schutz des Personals beim Arbeiten an der Leitung, falls diese irrtümlich wieder eingeschaltet wird.

§ 4.

Herstellung und Sicherung des spannungsfreien Zustandes.

Zu beachten sind die einschlägigen Bestimmungen des § 6 der „Vorschriften nebst Ausführungsregeln für den Betrieb von Starkstromanlagen V. B. S./1932".

Um einen besonderen Schutz des Bedienenden für den Fall einer irrtümlichen Erdung einer noch Spannung führenden Leitung zu schaffen, werden die besonderen Maßnahmen der §§ 5 und 6 zur Beachtung empfohlen.

§ 5.

Besondere Maßnahmen beim Erden in Schaltanlagen oder auf Holzmasten.

Bei allen Erdungen und Kurzschließungen soll entweder eine leitende Verbindung zwischen dem Standort des Bedienenden und der Erdungsleitung oder eine isolierende Unterlage für diesen zur Vermeidung von Schrittspannungen vorhanden sein. Dieser Standort darf auch zwecks Aufnahme der Arbeiten erst nach erfolgter Kurzschließung bzw. beim Beseitigen dieser erst nach vollständiger Aufhebung der Erdung verlassen werden.

§ 6.

Besondere Maßnahmen beim Erden auf Stahlmasten.

Bei Erdungen auf Stahlmasten soll zur Vermeidung einer Gefährdung durch Berührungsspannung zwischen Mast und Mastumgebung der Mast erst nach Erdung von mindestens 2 Phasen verlassen werden. Hierbei sind die Erdungseile von mindestens 2 Erdungstangen vor ihrer Erdung sowohl mit der Zuleitung zum Erder bzw. dem Stahlmast wie auch miteinander elektrisch gut leitend zu verbinden.

Die beim Verlassen des Mastes mögliche Gefährdung kann besonders in kleineren Netzen und in Netzen mit Erdschlußlöschung auch dadurch beseitigt werden, daß die Erdung der zweiten und allenfalls dritten Phase gar nicht mehr erfolgt, sondern daß vielmehr die Erdung der ersten Phase wieder aufgehoben wird, wenn bei der Erdung der zuerst geerdeten Phase festgestellt wurde, daß die Leitung noch unter Spannung steht, und daß wohl Erdschluß, aber noch kein Kurzschluß erfolgt ist.

Bei allen Erdungen auf Masten soll während der Vornahme der Erdung die unmittelbare Umgebung des Mastfußes nicht betreten werden.

§ 7.

Beseitigung der Kurzschließung und Erdung.

Bei Beseitigung von Kurzschließungen und Erdungen sind die Kurzschließungen zuerst aufzuheben.

III. Bau- und Prüfbestimmungen.

§ 8.

Allgemeines.

Erdungstangen müssen entweder aus Werkstoffen mit hinreichendem Isoliervermögen bestehen, oder es muß bei Verwendung leitenden Materials im oberen Teil der Stange zwischen Handhabe und Kopfklemme ein besonderes Zwischenstück aus Isolierstoff eingesetzt sein.

Besonderer Wert ist auf möglichste Handlichkeit bei der Bedienung sowohl hinsichtlich Form wie Gewicht der Erdungstange zu legen.

§ 9.

Erdungseile.

Erdungseile müssen aus Kupferlitzen bestehen.

Der Querschnitt ist so zu bemessen, daß er den zu erwartenden Kurzschlußstrom thermisch so lange aushält, bis ein vor der Kurzschlußstelle liegender Schalter ausgelöst hat; Querschnitte unter 25 mm² dürfen nicht verwendet werden.

Eine genügende Biegsamkeit des Erdungseiles wird bei Verwendung von etwa 800 Adern bei 25 mm² und von etwa 1600 Adern bei 50 mm² erreicht.

Zur Vermeidung einer Berührung des unter Umständen bei Erdung von irrtümlich nicht abgeschalteten Leitungen oft nicht spannungslosen Erdungseiles mit Personen muß das Erdungseil längs der Strecke, bei der eine Berührung mit den Händen möglich ist, isoliert sein.

§ 10.

Klemmen.

Die Kopfklemme der Erdungstange sowie die Erdanschlußklemme des Erdungseiles müssen einen sicheren Flächenkontakt gewährleisten und für die höchste jeweils zu erwartende Stromstärke, mindestens jedoch für 200 A, bemessen sein.

Infolge des isolierenden Oxydüberzuges ist bei der Erdung von Aluminiumleitungen besondere Vorsicht geboten; empfohlen wird, durch mehrfaches Aufsetzen des Erdungstangenkopfes auf das Seil die Kontaktstelle blank zu scheuern.

§ 11.

Isolierung.

Erdungstangen müssen zwischen Kopfklemme und Handhabe eine Prüfspannung von mindestens 2000 V während 1 min aushalten; eine gleiche Prüfspannung gilt auch für die Gummiisolation des Erdungseiles. Dieser Mindestwert muß auch bei Verwendung unter Regen oder nach längerem ordnungsgemäßen Gebrauch vorhanden sein.

Eine genügende Isolierung des Erdungseiles wird bei Verwendung von Gummiisolation mit etwa 1,6 .... 2 mm Dicke erreicht.

§ 12.

Zustand der einzelnen Teile.

Erdungstangen und Zubehörteile sollen in brauchbarem Zustand erhalten sowie in angemessenen Zwischenräumen darauf untersucht werden.

Neu erschienene DIN VDE-Normblätter.

Elektrische Maschinen.

DIN VDE 2995 Biegsame Arbeitswellen; Anschluß für die Antriebseite (September 1931).

Elektrische Bahnen.

DIN VDE 3134 Fahrleitungsteile aus warm gepreßtem Messing. Technische Lieferbedingungen (September 1931).

„ „ 3135 Gegossene Fahrleitungsteile aus Nichteisen-Metallen. Technische Lieferbedingungen (September 1931).

„ „ 3151 Stegklemme für Rillen-Fahrdraht, Seil oder Runddraht (September 1931).

„ „ 3152 Beidrahtklemme für zwei Fahrdrähte Ri von 50 ... 150 mm² Querschnitt (September 1931).

„ „ 3153 Gabelkauschen (September 1931).

„ „ 3154 Kauschen für Drähte und Seile (September 1931).

„ „ 3225 Achsenabstände der Zahnräder für Straßenbahnmotoren (November 1931).

„ „ 3227 Zahnräder: Großräder für Straßenbahnmotoren (November 1931).

„ „ 3228 Bolzenschrauben und Achtkant-Kronenmuttern für Großräder für Straßenbahnmotoren (November 1931).

„ „ 3229 Schraubenschlüssel für Muttern nach DIN VDE 3228 und 3231 (November 1931).

„ „ 3230 Zahnräder; Kleinräder für Straßenbahnmotoren (November 1931).

„ „ 3231 Muttern und Sicherungsbleche für Kleinräder für Straßenbahnmotoren (November 1931).

„ „ 3232 Läuferwellenzapfen für Straßenbahnmotoren (November 1931).

„ „ 3233 Zahnräderkasten aus Blech für Straßenbahnmotoren; Außenabmessungen (November 1931).

Alln Anfragen bezüglich Lieferung und Versand der Normblätter sind an die Beuth-Verlag-GmbH., Berlin S 14, Dresdener Straße 97, zu richten.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

SITZUNGSKALENDER.

Elektrotechn. Verein Braunschweig. 12. XI. 1931, abds. 8 h, Hörsaal des Hochspannungsinstituts der T. H., Eingang Hamburgerstr. 307: Vortrag Prof. Dr. H. Diesselhorst, „Die neuere Entwicklung der physikalischen Anschauungen".

Elektrotechn. Verein Chemnitz. 12. XI. 1931, abds. 7½ h, Staatl. Akademie für Technik, Hörsaal 199: Vortrag M. Schultess, „Die neuzeitlichen elektrisch arbeitenden Büromaschinen".

Elektrotechn. Verein des rhein.-westf. Industriebezirks, Essen. 11. XI. 1931, abds. 7½ h, Börsensaal der Börsenhausgesellschaft, Düsseldorfer Str. 7: Vortrag Dipl.-Ing. Appel, „Schaltfehlerschutz in modernen Hochspannungsanlagen" (m. Lichtb. u. Film).

Schleswig-Holsteinischer Elektrotechn. Verein, Kiel. 13. XI. 1931, abds. 8 h, gr. Hörsaal des Physikal. Inst.: Vortrag Dr. Schäfer, „Fernmessung, Fernsteuerung und Fernregelung als Betriebsmittel in Überlandwerken und städt. Betrieben".

Elektrotechn. Verein München. 11. XI. 1931, abds. 8 h, Hörsaal 848 der T. H.: Vortrag Dr.-Ing. Jaensch, „Die Verwendung von Käfigmotoren statt Schleifringmotoren".

Württ. Elektrotechn. Verein, Stuttgart. 1) 11. XI. 1931, abds. 8 h, gr. Hörsaal des El. Inst. Militärstr. 3: Lichtbildervortrag Tel.-Dir. O. Streich, „Das neue Fernamt in Stuttgart als Beispiel für die neuesten Fortschritte der Fernsprechtechnik". 2) 14. XI. 1931, nachm. 3½ h: Besichtigung des neuen Fernsprechamts.

Physikalische Gesellschaft zu Berlin und Deutsche Gesellschaft für technische Physik. 1) 6. XI. 1931, abds. 7½ h, gr. Hörsaal des Phys. Inst. der Universität, Reichstagsufer 7/8: Gedächtnisfeier für Emil Warburg mit Gedächtnisrede von J. Franck.

Vereinigung für techn.-wiss. Vorträge Dortmund. Vortragsreihe Dr.-Ing. P. Werners, „Störungen in el. Anlagen". 6 Wochenabende mit je 1 Doppelstunde. Beginn: 12. XI. 1931, abds. 8 h. Gebühr: 9 RM. Ort: Ver. Techn. Staatslehranstalten, Dortmund, Sonnenstr. 98.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

O. Wolff. — Am 6. XI. wird der Fabrikant Otto Wolff, Berlin, seinen 70. Geburtstag begehen. Seit 1890 pflegt seine Firma den Bau von Präzisionswiderständen nach der Methode der PTR., von Meßbrücken, Widerstandsätzen u. dgl. Die fachlichen Verdienste des Herrn Wolff wurden von der Preußischen Akademie der Wissenschaften durch Verleihung der silbernen Leibniz-Medaille anerkannt.

BRIEFE AN DIE SCHRIFTLEITUNG.

(Der Abdruck eingehender Briefe erfolgt nach dem Ermessen der Schriftleitung und ohne deren Verbindlichkeit.)

Praktische Berechnungsmethoden für den Stoßkurzschlußstrom von Drehfeldmaschinen.

In unserem gemeinsamen Aufsatz obigen Titels, ETZ 1930, H. 26, S. 926, sind uns leider bei der Korrektur ein paar Druckfehler entgangen, deren Richtigstellung wir auf diesem Wege vornehmen möchten:

1. Die Formel (28) muß richtig lauten:

$$\frac{I_s}{I_{s_{kl}}} = \frac{\sigma_{kl}}{\sigma} \frac{I_d}{I_{d_{kl}}} \tag{28}$$

Nach Einsetzen des Streuungsverhältnisses aus Gl. (14) ergibt sich dann unter Beachtung von Gl. (18) die richtiggestellte Formel (29)

$$\frac{I_s}{I_{s_{kl}}} = \frac{1}{a}. \tag{29}$$

Demgemäß muß auch in Abb. 2 Kurve *IV* fortfallen, welche die Abnahme des Stoßstrom-Höchstwertes mit der numerischen Kurzschlußentfernung darstellt. Kurve *IV* fällt vielmehr mit Kurve *III* zusammen, da nach Gl. (27) und der richtiggestellten Gl. (29) die Gleichstromkomponente des Stoßstromes genau so mit der numerischen Kurzschlußentfernung abnimmt wie der gesamte Stoßstrom[1].

2. In den Formeln (34), (35), (36) muß jeweils an Stelle des Effektivwertes des Dauerkurzschlußstromes I_d seine Amplitude $I_d\sqrt{2}$ gesetzt werden.

Berlin, 3. X. 1931.

P. Jacottet, F. Ollendorff.

LITERATUR.

Besprechungen.

Drehstrommotoren mit Doppelkäfiganker und verwandte Konstruktionen. Von Prof. F. Punga u. Obering. O. Raydt. Mit 197 Textabb., VII u. 165 S. in gr. 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1931. Preis geh. 14,50 RM, geb. 16 RM.

Während in den Vereinigten Staaten 95 % aller Drehstrommotoren mit Käfiganker ausgerüstet sind, ist in Europa das Verhältnis nur etwa 50 %. Doch sind in den letzten Jahren viele Verteidiger des Käfigankers aufgetreten, besonders seitdem der schon 1893 von von Dolivo-Dobrowolsky in der ETZ 1893, S. 185, vorgeschlagene Doppelkäfiganker, besser bekannt als Boucherot-Motor, und der Anker mit Stromverdrängung gestatten, den Anlaufstrom bei normalem Volldrehmoment innerhalb redlicher Grenzen zu halten.

Die Verfasser bringen nach einer Einleitung, worin die bekanntesten Typen besprochen werden, an Hand eines durchgerechneten Beispieles den Beweis, daß der Käfiganker besseren Arbeitsfaktor, höheren Wirkungsgrad und größere Überlastbarkeit bei kleinerem Materialbedarf ergeben kann. Sie verändern dabei die bekannte Formel von Kloß in interessanter Weise, indem sie den ideellen Normalstrom einführen, der sich bei $\cos\varphi = 1$ und $\eta = 1$ ergäbe. Dann gehen sie über zur Behandlung des Doppelkäfigankers an Hand eines Ersatzdiagrammes, erörtern die Abhängigkeit des Drehmomentes vom Schlupf und die bekannte Einbuchtung der Drehmomentkurve, die besonders von dem Verhältnis des Widerstandes des äußeren Anlaufkäfigs zu dem bei normalem Betriebe auftretenden Widerstande der zwei parallel geschalteten Käfige abhängt, und entwickeln dann ein Diagramm durch Inversion. Darauf folgen Konstruktionsbeispiele der bekanntesten Bauweisen mit teilweiser Durchrechnung. Das 5. Kapitel ist den Wirbelstromläufern gewidmet, das 6. den Drehstrommotoren mit Umschaltungen im Rotorkreis nach Görges, Schenfer und Punga. Dann folgt die Behandlung der Motoren mit Umschaltung im Ständerkreis nach Bruncken-Doka und Richter.

Damit scheinen die Möglichkeiten der elektrischen Hilfsmittel zur Verminderung des Anlaufstromstoßes erschöpft. Die Verfasser behandeln dann im 8. und 9. Kapitel die Fliehkraftriemenscheiben ausführlich an Hand der verbreitetsten Ausführungen und die stark auseinander laufenden Anschlußvorschriften.

Wie bei einem Buche von Punga nicht anders zu erwarten ist, sind die Ausführungen einfach und klar, so daß auch Studenten sie mühelos lesen und verarbeiten können. Vielleicht wäre es gut, bei einer Neuauflage die Umschreibung der relativen Streuung von S. 45 vor S. 32 zu bringen. Der Leser kann einen Augenblick stutzig werden, wenn er den Heylandschen Streufaktor τ mit $\varepsilon = \frac{I_n}{I_{k_i}}$ verwechselt und in dem durchgerechneten Beispiel sieht, daß die Gesamtstreuung beim Normalstrom I_n volle 23,6 % beim Motor mit Schleifringanker und 14,8 % beim Motor mit Käfiganker beträgt. Wirklich ist der Leerstrom im ersten Falle nur 33,7 %, im zweiten 32,7 % vom Normalstrom und somit wird $\tau = 0{,}337 \cdot 0{,}236 = 0{,}08$ beim Phasenanker, wie man auch aus den Figuren 50 und 51 ablesen kann.

Das Buch wird zweifellos dazu beitragen, den mit dem Entwurfe solcher Motoren betrauten Ingenieuren viel Kopfbrechen zu ersparen. Es ist eine wertvolle Bereicherung der einschlägigen Literatur und von der Verlagsbuchhandlung sehr gut ausgestattet. C. Feldmann.

[1] Herr Dipl.-Ing. SMOLAŃSKI, Kattowitz, machte uns auf diese Unstimmigkeit aufmerksam.

Grundbegriffe der Elektrotechnik. Von Dr. W. Kesseldorfer. Mit 48 Abb. u. Originalzeichn. u. 152 S. in 8°. Deutsche Verlagswerke Strauß, Vetter & Co., Berlin 1929. Preis geb. 5,60 RM.

Das Buch will Personen mit elementarer Vorbildung mit den physikalischen Grundlagen der Elektrotechnik vertraut machen. Das Werkchen behandelt das ganze Gebiet des Gleich- und Wechselstroms und widmet einen erheblichen Teil der Ergänzung der mathematischen Kenntnisse. Der Verfasser stützt sich wenig auf experimentelle Ergebnisse, sondern sucht die Gesetze der Elektrotechnik durch logische Schlüsse herzuleiten. Die erforderlichen Unterlagen pflegt er dem Leser zu suggerieren, indem er sie als klar, selbstverständlich und natürlich hinstellt. Das wirkt nicht immer überzeugend, besonders wenn das als selbstverständlich Vorausgesetzte nicht einmal richtig ist, so wenn der Verfasser behauptet, daß zum Durchtreiben einer Wassermenge durch ein Rohr von zehnmal kleinerem Querschnitt „offenbar" ein zehnmal größerer Druck erforderlich ist.

Die theoretischen Grundlagen der Gleichstromtechnik sind mit Recht breit dargestellt; alle Zweifel, die der Leser haben könnte, versucht der Verfasser aufzuklären. Die Behandlung der magnetischen und der Wechselstromerscheinungen ist dagegen oft etwas sprunghaft. Auf die Ausmerzung der nicht wenigen sachlichen Fehler sollte der Verfasser mehr Sorgfalt verwenden. Störend wirkt auch, besonders bei Berücksichtigung des Leserkreises, an den sich das Buch wendet, der häufige Gebrauch entbehrlicher Fremdworte, z. B. Depression, Reversibilität, Indifferenzzone.

Das Buch dürfte sich zahlreiche Freunde erwerben, da es gut ausgestattet ist und durch seine frische und manchmal drastische Schreibweise dem theoretisch ungeschulten Leser den spröden Stoff schmackhafter zu machen weiß. F. Haberland.

Grundzüge der Technischen Schwingungslehre. Von Prof. Dr.-Ing. O. Föppl. 2. verb. u. erg. Aufl. Mit 140 Abb. i. Text, VI u. 212 S. in 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1931. Preis geh. 8,25 RM, geb. 9,50 RM.

Die zweite Auflage des Buches ist gegenüber der ersten, die vor sieben Jahren erschienen ist, wesentlich erweitert und ergänzt worden. Auf dem verhältnismäßig kleinen Umfang des Buches ist eine sehr große Anzahl von Schwingungsaufgaben behandelt worden. Auf elektrische Schwingungen ist im Buche gar nicht eingegangen worden.

Charakteristisch für das Buch ist die Vielgestaltigkeit der Lösungen. Die Methoden sind die der technischen Mechanik. Zum Teil sind es vom Verfasser selbst abgeleitete Verfahren, wie bei den mehrgliedrigen Schwingungsanordnungen. Allerdings treten dadurch andere Methoden, die allgemein viel mehr verwandt werden, in Hintergrund. Insbesondere gilt dies für das Gümbelsche Verfahren zur Berechnung von Mehrmassensystemen. Sehr eingehend sind die unendlich vielgliedrigen Schwingungsanordnungen (Stabschwingungen) und die Wellenbewegungen behandelt. Im Abschnitt über gedämpfte Schwingungen wird vor allem die Bedeutung eines dämpfenden Baustoffes auf die Übertragung von Geräuschen und Erzitterungen geschildert (Verwendung von Gummi-, Filz- und Korkeinlagen bei Fundamenten). Gegenüber der ersten Auflage etwas gekürzt ist das Kapitel über die Einwirkung von Schwingungen auf die Werkstoffe. Es enthält die durch Versuche (vorwiegend im Wöhler-Institut in Braunschweig angestellt) ermittelten Dämpfungskurven verschiedener Werkstoffe, die für die Beurteilung der Schwingungsfestigkeit von großer Bedeutung sind. Außerdem werden in einer größeren Anzahl von Abbildungen durch verschiedene Ursachen hervorgerufene Schwingungsbrüche gezeigt. Etwas zu kurz sind die erzwungenen Schwingungen behandelt. Weitere Kapitel beziehen sich auf gekoppelte Schwingungen, die Biegungschwingungen von umlaufenden Wellen und den Massenausgleich. Zum Schluß geht der Verfasser auch auf ein Gebiet der theoretischen Physik über. Aus der Tatsache, daß die „Schwere der Masse" von der Masse der Erde abhängig, die „Trägheit der Masse" dagegen davon unabhängig ist, entwickelt der Verfasser eine neue Vorstellung über den Äther.

Das Buch wirkt, weil es neben den theoretischen Ableitungen so viele eigene Beobachtungen enthält, die vom Verfasser bei seinen Schwingungsuntersuchungen gemacht worden sind, außerordentlich lebendig und anziehend. E. Oehler.

Die künstlichen Harze. Von Prof. Dr. J. Scheiber u. Dr. K. Sändig (Chemie in Einzeldarstell. Bd. 14.) Mit 29 Abb., XV u. 376 S. in gr. 8°. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft m. b. H., Stuttgart 1929. Preis geh. 26 RM, geb. 28 RM.

Das Buch ist für Chemiker geschrieben, die sich in dem riesigen Gebiete der organischen Chemie über chemische Umsetzungen unterrichten wollen, durch die aus einfacheren Stoffen durch Polymerisation oder Kondensation harzartige Körper entstehen. Nach einer allgemeinen Untersuchung über die Kennzeichen der Harze und ihren Zusammenhang mit der chemischen Konstitution werden im theoretischen Teil die verschiedenen Vorgänge und die Einflüsse, welchen sie unterliegen, besprochen. Im speziellen Teil wird die Gewinnung der Kumaronharze aus der Benzolwäsche, von Schellackersatz und von härtbaren Harzen („Resolen") aus Phenolen (z. B. Bakelit) vom wissenschaftlich-technischen Standpunkt dargelegt. Die sorgfältigen Literaturnachweise sind dem Fachmann sehr willkommen.

Bei der Wichtigkeit dieser Kunstharze für die elektrotechnische Industrie sei das Buch auch hier empfohlen.

K. Arndt.

Das Anreißen in Maschinenbau-Werkstätten. Von Ing. F. Klautke, 2., völl. neubearb. Aufl. des zuerst v. H. Frangenheim bearb. Heftes. (Werkstattbücher H. 3.) Mit 120 Abb. i. Text u. 43 S. in 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1930. Preis kart. 2 RM.

Das schon in zweiter Auflage erschienene Heft gibt an der Hand zahlreicher, zum großen Teile schaubildlicher Darstellungen einen guten, ins Einzelne gehenden Überblick über das Anreißen. Ausgehend von der Bedeutung und dem Zweck des Anreißens (nicht nur eine Vorarbeit für das Bearbeitungsverfahren sondern auch ein Mittel zur der Vorarbeit vorangehenden Prüfung der Werkstücke auf ihre Brauchbarkeit) werden zunächst die verschiedenen Anreißmittel, also nicht nur die Reißnadel sondern auch die verschiedenen Unterstützungsmittel (Anreißplatten, Reißwinkelkästen, Stütz- und Ausrichtmittel), Maßstäbe, gewöhnliche und Winkellineale behandelt. Vor der an der Hand von Beispielen erfolgenden Betrachtung der eigentlichen Anreißverfahren und -vorrichtungen gibt der Verfasser allgemeine Richtlinien für das Anreißen. Das Erscheinen einer solchen zusammenhängenden Darstellung über dieses für die Fertigung wichtige Gebiet kann nur begrüßt werden, und das um so mehr, als nicht nur auf die rein technischen sondern auch auf die wirtschaftlichen lichen Seiten des Anreißens eingegangen wird.

A. Witt.

Normierung des Konten-, Rechnungs-, Registratur-Wesens und des Schriftverkehrs unt. Anwend. der Dezimalzahl f. Gas-, Wasser-, Elektrizitätswerke, Straßenbahnen und Kraftwagenbetriebe. Von H. Behrmann. 1. Aufl. Mit 1 Tab. u. 38 S. in 2°. Verlag Gustav Thomas, Bielefeld 1930. Preis kart. 2,80 RM.

In knapper, übersichtlicher und überzeugender Form wird aus reicher Betriebserfahrung heraus dargelegt, wie durch eine konsequente Anwendung der Deweyschen Zahlen die Kostenstellen und Kostenarten in einem zentralisierten Elektrizitäts-, Gas- und Wasserwerks-, Straßenbahn- und Kraftwagenbetrieb einheitlich so gekennzeichnet werden können, daß durch die gleiche Normenzahl das Schrift- und Buchungszeichen und die Nummer des zu registrierenden Aktenstückes ausgedrückt wird. An Hand von Beispielen, Kontenplänen und klaren Erläuterungen zeigt der Verfasser, wie unter Vereinfachung der Hauptbuchhaltung, die nur wenige Bilanz- und Gewinn- und Verlustkonten führt, die Anforderungen der Finanz- und Betriebsbuchhaltung mit den Anforderungen der Selbstkostenrechnungs- und Registraturabteilung verbunden werden können. Das Verfahren, für manuelle und maschinelle Buchungsmethoden gleich gut geeignet, ermöglicht für die Hauptgeschäftsgruppen bei zentraler Verwaltung und Verbuchung unter Zuhilfenahme eines Normalkontenplanes jederzeit getrennte und beliebig durchgeführte Abschlüsse und gibt für die einzelnen Kostenstellen und Kostenarten durch Bildung von Regelzahlen die Möglichkeit einer laufenden Überwachung der Kostengestaltung. Durch einen Hinweis, bis zu welcher Stellenzahl der Normalplan unter Berücksichtigung aller für eine Buchung notwendigen Daten erweitert werden kann, ohne daß die Gesamtstellenzahl der verschieden großen Zahlensymbole mit der Stellenzahl der marktgängigen Buchungsmaschinen kollidiert, würde die Schrift für den Gebrauch in der Praxis vorteilhaft ergänzt werden.

W. Lincke.

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Eine deutsch-französische Wirtschaftskommission und ein deutscher Wirtschaftsbeirat. — Gelegentlich des Besuchs französischer Minister in Berlin ist zwischen ihnen und der deutschen Regierung vereinbart worden, eine gemischte deutsch-französische Kommission aus Vertretern der beteiligten Zentralstellen unter Beteiligung von berufenen Vertretern der verschiedenen Zweige der Wirtschaft wie auch der Arbeitnehmer zu bilden. Sie soll die Aufgabe haben, alle die beiden Völker berührenden Wirtschaftsfragen zu prüfen, ohne dabei die Interessen anderer Länder und die Notwendigkeit internationaler Zusammenarbeit aus dem Auge zu verlieren. Die Kommission wird vor allem die Möglichkeiten prüfen, die bereits bestehenden Wirtschaftsvereinbarungen zu verstärken und auszubauen und neue Vereinbarungen, gegebenenfalls in neuen Organisationsformen, abzuschließen. Sie wird ferner den gegenwärtigen Stand des Handelsverkehrs zwischen beiden Ländern untersuchen und gemeinsam nach neuen Absatzmöglichkeiten forschen. Die Vertreter beider Länder haben es aber ausdrücklich abgelehnt, die Lösung der der Kommission zugewiesenen Fragen etwa in gemeinsamem Vorgehen auf dem Gebiet von Zollerhöhungen zu suchen. Der Reichskanzler hat nunmehr eine Reihe von Vertretern der Industrie, des Handels und der Landwirtschaft sowie der Arbeitnehmer eingeladen, als Sachverständige an den Arbeiten der Kommission teilzunehmen. In der noch nicht endgültigen Liste dieser ist auch die Elektroindustrie vertreten.

In einem Schreiben an den Reichskanzler vom 13. X. hatte der Reichspräsident es als geboten bezeichnet, zur abschließenden Begutachtung lebenswichtiger Wirtschaftsfragen einen kleinen Kreis führender Sachverständiger aus den verschiedenen Zweigen des wirtschaftlichen Lebens, auch Vertreter der Arbeitnehmer, als Wirtschaftsbeirat der Reichsregierung einzusetzen, der mit ihr zusammen das gesamte Gebiet der Wirtschafts- und sozialpolitischen Probleme mit dem Ziel berät, zu einheitlichen Vorschlägen zu gelangen. Nunmehr hat der Reichspräsident auf Vorschlag der Reichsregierung 25 Herren zu Mitgliedern dieses Wirtschaftsbeirats ernannt, der unter seinem Vorsitz am 29. X. erstmalig zusammengetreten ist.

Rumäniens Elektroindustrie. — Nach dem Statistischen Jahrbuch Rumäniens für 1929 gab es dort Ende 1929 zwölf elektrotechnische Unternehmungen mit einem investierten Kapital von 83 Mill Lei. Diese verfügten über eine motorische Leistung von 2026 PS. Der Wert des von ihnen verbrauchten Rohmaterials betrug 90, der der verbrauchten Brennstoffe 5 Mill Lei. Als Produktionswert werden 208 Mill Lei angegeben. Die in den zwölf Unternehmungen beschäftigten 839 Arbeiter und Angestellten erhielten an Löhnen und Gehältern 53 Mill Lei. Innerhalb der gesamten rumänischen Industrie spielt die Elektroindustrie eine nur geringe Rolle. Der Anteil des von ihr investierten Kapitals beträgt lediglich 0,2 % des insgesamt in der Industrie angelegten (40,285 Mill Lei), und die Zahl ihrer Beschäftigten macht nur 0,4 % der Gesamtzahl (201 184) aus.

A. Fr.

Deutschlands elektrotechnischer Außenhandel[1]. — Entsprechend folgender Übersicht innerhalb des Tarifunterabschnitts 18 B verteilt, hat der Elektroaußenhandel im September 1931 auf Seite der Einfuhr gegenüber dem Vor-

Waren	Mengen dz		Werte 1000 RM	
	September	Jan./Sept.	September	Jan./Sept.
Einfuhr:				
Elektrische Maschinen (einschl. Teile)	**1 270**	**16 711**	**456**	**5 314**
Elektrot. Erzeugnisse	**4 504**	**24 151**	**2 800**	**22 028**
Ausfuhr:				
Elektrische Maschinen (einschl. Teile)	**31 949**	**229 361**	**8 152**	**64 327**
Elektrot. Erzeugnisse	**92 147**	**834 138**	**33 285**	**289 571**

monat (4144 dz bzw. 2,533 Mill RM) eine Steigerung um 1630 dz (39 %) bzw. 0,723 Mill RM (28,5 %) ergeben, ist aber um 727 dz (11 %) und 0,865 Mill. RM (21 %) hinter dem des Parallelmonats von 1930 (6501 dz bzw. 4,121 Mill RM) zurückgeblieben. Die 7005 dz Reparationssachlieferungen im Wert von 1,908 Mill RM enthaltende Ausfuhr war im Vergleich mit dem August (121 137 dz bzw. 38,829 Mill RM) um 2959 dz (2,4 %) und 2,608 Mill RM (7 %) größer, gegen den September 1930 (161 172 dz bzw. 53,436 Mill RM) jedoch um 37 076 dz (23 %) und 11,999 Mill RM (22 %) schwächer. In den abgelaufenen neun Monaten hat gegenüber der gleichen Periode des Vorjahres der Import um 11 287 dz (21,6 %) bzw. 4,101 Mill RM (13 %) ab-

[1] Vgl. ETZ 1930, S. 1571; 1931, S. 1291.

Stat. Nr.	Erzeugnisse	Einfuhr in dz September 1931	Einfuhr in dz Januar/September 1931	Einfuhr in dz Januar/September 1930	Ausfuhr in dz September 1931	Ausfuhr in dz Januar September 1931	Ausfuhr in dz Januar September 1930
907 a	Lichtmaschinen und Lichtzündmaschinen für Motorfahrzeuge; Anlaßmotoren für Verbrennungsmotoren . . .	7	328	363	312*	4 767*	5 676*
907 b/g	Dynamomaschinen, Elektromotoren, Umformer[1]; Transformatoren und Drosselspulen	1 184	15 798	[10] 22 376	29 817*	206 911*	277 334*
907 h	Fertig gearbeitete Anker, Kollektoren[2]	79	585	1 148	1 820*	17 683*	18 244*
908 a, b	Elektrizitätsammler, deren Ersatzplatten (Elektroden) .	121	1 674	1 904	3 487*	43 113*	37 779*
909	Kabel zur Leitung elektrischer Ströme, zur Verlegung in Wasser oder Erde geeignet	2 217	5 677	6 597	38 171*	386 946*	434 835*
910 a/c	Bogenlampen, Quecksilberdampf-, Quarz- und ähnliche Lampen; Gehäuse dafür mit Glasglocken; Scheinwerfer, Reflektoren[3]	2	116	246	157	1 678*	2 046*
911 a	Metallfadenlampen	523	2 327	2 072	740*	6 326*	9 381
911 b	Kohlenfaden-, Nernst- und andere Glühlampen	—	57	87	17	172	224
912 A1	Telegraphenwerke; Bestandteile davon	6	86	97	19	468	302*
912 A2	Fernsprecher, Fernsprech-, Wand- und Tischstationen, Fernsprechvermittlungseinrichtungen; Bestandteile davon .	166	488	285	2 041*	15 745*	18 430*
912 A3	Vorrichtungen für die drahtlose Telegraphie und Telephonie; Bestandteile davon	352	4 082	3 655	6 448*	51 693*	43 007*
912 A4	Meß-, Zähl- und Registriervorrichtungen, auch in Verbindung mit Uhrwerken; Bestandteile davon	99	1 050	1 455	2 072*	18 819*	22 095*
912 B	Bügeleisen; in der Ausfuhr auch Bestandteile davon . .	11	59	54	783	6 013	6 719
912 C	Heiz-, Koch- und sonstige Wärmeapparate (ausgenommen 912 B); in der Ausfuhr auch Bestandteile davon . . .	84	742	1 677	2 189*	13 649*	12 618*
912 D	Röntgenröhren; in der Ausfuhr auch Bestandteile davon	7	39	24	22	244*	213*
912 E	Magnetzündapparate und sonstige elektrische Zündsysteme sowie Teile davon (ausgenommen Magnete); elektrotechnisches Zubehör für Motorfahrzeuge	83	1 083	1 551	1 218*	14 015*	18 725*
912 F1	Sicherungs- und Signalapparate; Läutewerke; Bestandteile davon	7	136	133	1 105*	8 729*	9 427*
912 F2	Vorrichtungen für Beleuchtung, Kraftübertragung, Elektrolyse; Vorschalte- und Nebenschlußwiderstände; sonst. a. n. g. Vorrichtungen; Bestandteile davon[4]	481	5 539	7 151	23 055*	197 826*	236 374*
912 F3	Vorrichtungen für ärztliche oder zahnärztliche Zwecke; Bestandteile davon (ausgenommen 912 D)	297	816	553	1 179	10 764*	12 038*
912 F4	Galvanische (auch Trocken-)Elemente, elektr. und galvanische Batterien; Thermoelemente; Bestandteile davon	42	152	220	5 872	34 929*	47 015*
912 F5	Isolationsrollen, -glocken, -knöpfe, Spulen, Taster, Schalter usw. aus Steingut, Porzellan oder Glas (ausgenommen 733 a)	—	18	493	[6]	[6]	[6]
912 F6	Isolationsgegenstände aus Asbest, Asbestpappe, Glimmer oder Mikanit für die Elektrotechnik (Schutzkasten usw.)	6	10	8	39	294	506
912 F7	Isolierröhren für elektr. Leitungen aus Papier oder Pappe und Verbindungsstücke dafür[5]	.	.	.	3 527*	22 689*	24 699*
—	Elektrotechnische Erzeugnisse, unvollständig angemeldet	—	—	—	6	26	9
	Summe von Tarifunterabschnitt 18B: Menge in dz . .	5 774	40 862	[10] 52 149	124 096*	1 063 499*	1 237 696*
	Summe von Tarifunterabschnitt 18B: Wert in 1000 RM	*3 256*	*27 342*	[10] *31 443*	*41 437**	*353 898**	*426 325**
648 a	Vorgepreßte Blöcke, Platten und Stangen aus Kohle für elektrotechnische Zwecke	8	139	253	1 193	13 584	10 288
648 b	Kohlenbürsten, Mikrophonkohlen usw.; Kohlenfäden für elektr. Beleuchtungskörper oder dgl., auch in Verbindung mit Platin	4	33	42	63	574	713*
648 c	Brennstifte für Bogenlampen	4	60	604	422	5 407	5 884
648 d	Elektroden	381	2 365	3 009	10 464	126 703	188 199
733 a	Porzellanisolatoren für Telegraphen- oder Fernsprechleitungen[7]	16	22	2	4 247*	43 538*	54 979*
740 a	Glühlampenkolben	2	61	205	1 331	10 536	11 798
783 c	Bearbeitete Teile von elektrischen Maschinen der Nrn. 907 a/g und von Erzeugnissen der Nrn. 907 h/911 b aus nicht schmiedbarem Gußeisen	49	170	865	[9]	[9]	[9]
799 c	desgl. aus schmiedbarem Eisen	52	540	1 157			
890 a	Isolierter Draht aus unedlen Metallen für die Elektrotechnik	501	2 653	2 977	8 962*	96 427*	109 524*
915 b4	Elektrokarren[8]	.	.	.	617	2 548*	3 402*

genommen. Vom Ausland wurden in dieser Zeit 3888 Lichtmaschinen usw. (4016 i. V.), 50 513 Dynamos, Elektromotoren usw. (70 822 i. V.), 7818 Bogen-usw. Lampen (7758 i. V.), 4,985 Mill Metalldrahtlampen (4,552 i. V.) und 0,118 Mill Kohlefaden-usw. Lampen (0,169 i. V.) hereingenommen. Der Export, einschl. 47 352 dz bzw. 15,233 Mill RM Reparationssachlieferungen, weist einen Rückgang um 174 197 dz (14 %) bzw. 72,427 Mill RM (17 %) auf und lieferte der Stückzahl nach 57 651 Lichtmaschinen usw. (61 802 i. V.). 526 825 Dynamos, Elektromotoren usw. (550 447 i. V.), 172 241 Bogen-usw. Lampen (21 133 i. V.), 45,036 Mill Metalldrahtlampen (58,684 i. V.) und 0,469 Mill Kohlefaden-usw. Lampen (0,732 i. V.) über die Grenzen. Sein Überschuß betrug 1 022 637 dz bzw. 326,556 Mill RM (1 185 547 dz bzw. 394,882 Mill RM i. V.).

[1] Quecksilberumformer s. Nr. 912 F 2. — [2] Die Ausfuhr umfaßt auch andere Teile von nicht vollständigen elektrischen Maschinen usw. — [3] Die Ausfuhr umfaßt auch Teile von Bogenlampen außer Brennstiften (648 c). — [4] Die Ausfuhr umfaßt auch Isolationsgegenstände aus Ambroid, Hartkautschuk usw. der Nr. 912 F 5 außer Isolationsglocken (733 a). — [5] Einfuhr nach Beschaffenheit. — [6] Isolationsglocken unter 733 a, andere Waren, auch aus Ambroid, Hartkautschuk usw., unter 912 F 2. — [7] Die Ausfuhr umfaßt Isolatoren aller Art (auch Isolationsglocken) aus Steingut oder Porzellan. — [8] Einfuhr unter 915 b (Last-, Liefermotorwagen). — [9] Für die Ausfuhr gelten die im Unterabschnitt 18 B bei den Maschinen angegebenen stat. Nrn. — [10] Berichtigte Zahl.

* Einschließlich der Reparationssachlieferungen.

Abschluß des Heftes: 31. Oktober 1931.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 16 250 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., **Berlin.**
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

E T Z

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

INHALT

46. HEFT • 52. JAHRGANG • IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9
(1401—1428) 12. November 1931

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

52. Jahrgang | Berlin, 12. November 1931 | Heft 46

Edison †.

Edison ist tot. Niemals wird eine Todesnachricht in einem so weiten Kreise Widerhall geweckt haben wie diese. Nie ist ein Name populärer gewesen, populär auf dem ganzen Erdball und im besten Sinne, wie dieser. Edison hat den Grundstein für Industrien gelegt, die der Menschheit zum Segen geworden sind, und hat damit fast in jedes Menschen Leben eingegriffen. Seiner Geburt nach gehört er einem kleinen Ort im Staate Ohio an, seiner Persönlichkeit und seinem Geiste nach den Vereinigten Staaten von Nordamerika, seinem Werke nach gehört er der ganzen Welt.

Die Welt hat seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts — Edison ist 1847 geboren — viele große Forscher in allen Nationen kommen und gehen sehen, aber nur *einen* Edison. Die meisten — man darf unbedenklich sagen alle — hatten ihre Erziehung und ihren Unterricht an großen Schulen gefunden, hatten den Umgang mit bedeutenden Männern genossen, vortreffliche Lehrmittel ausgenutzt und hatten Jahre ihres Lebens allein dem Studium gewidmet. Nicht so Edison. Er machte Experimente, ehe er lesen konnte. Ob er als Sechsjähriger auf einem mit Eiern gefüllten Nest eigener Konstruktion saß, nachdem er eine brütende Gans und ihren Erfolg beobachtet hatte, oder ob er als Zehnjähriger einem andern Jungen große Mengen doppeltkohlensaures Natron zu schlucken gab, fest überzeugt, daß das sich entwickelnde Gas den Jungen zum Fliegen bringen würde, ob als Zeitungsjunge oder als Telegraphist, ob im Keller seiner Mutter oder in einem außer Dienst gesetzten Eisenbahnwagen — stets experimentierte er. Verdiente er Geld, so gab er alles für seine Versuche aus — ausgenommen das, was er für den Lebensunterhalt brauchte.

Den ersten großen Triumph verschaffte ihm sein Börsentelegraph, er brachte ihm 40 000 Dollar und ermöglichte ihm, den seinem Trieb entsprechenden Weg einzuschlagen. Was ihn der Welt zuerst bekannt gemacht hat, war der Phonograph. Sein Grundgedanke wurzelt keineswegs, wie behauptet worden ist, in einem Zufall. Ein historisch gewordenes Notizbuch vermerkt im Jahre 1877: „Versuch an einer Membran mit Prägespitze, die gegen sehr schnell bewegtes paraffiniertes Papier gehalten wird. Die Schwingung wird sauber eingedrückt. Ich werde die menschliche Stimme aufspeichern und nach Belieben später wieder erzeugen können." — Die menschliche Stimme aufspeichern und *nach Belieben später* wieder erzeugen, *sie also verewigen!* — was für ein kühner, fast mystischer, an die Verwirklichung eines Wunders rührender Gedanke! Die Welt hat sich durch Schallplatte und Rundfunk an das Wunder der Wiedergabe der menschlichen Stimme und Sprache, der Klänge und der Musik so sehr gewöhnt, daß sie das Wunder zur Alltäglichkeit verflacht hat. An den Ursprung der Verwirklichung des Wunders denkt niemand. Im Phonographen liegt er, und die Ferne des nur geahnten unsichtbaren Zieles zeigt deutlich, wie man Edison verkennt, wenn man ihn kurzweg als „Erfinder" bezeichnet. Den berufsmäßigen „Erfinder" beherrscht der merkantile Geist, hier aber handelt es sich um etwas, an dessen kaufmännische Verwertung, selbst wenn die Lösung glückte, vor einem halben Jahrhundert niemand ernstlich denken konnte. Viele Einzelheiten im Aufbau des Phonographen bildeten selbst physikalisch-technische Probleme. In den einen überwog das Technische, in anderen das rein Physikalische. Schon hier zeigt sich Edison als der unübertreffbare Vertreter der technisch angewandten Physik. Zu seinen wissenschaftlichen und technischen Fähigkeiten gesellten sich unbesiegbarer Optimismus und unermüdliche Arbeitskraft, von der seine Mitarbeiter Wunderdinge erzählen.

Noch ehe der Phonograph über die ersten Anfänge hinaus war, hatte sich Edisons ganz und gar der Gedanke bemächtigt, mit Hilfe des elektrischen Stromes ein Beleuchtungssystem zu schaffen, das zum *allgemeinen* werden konnte; noch immer waren Öl und Petroleum außer dem Gas die alltäglichen Beleuchtungsmittel, obwohl mittlerweile (1878) die Bogenlampenindustrie Wirklichkeit geworden war. Nichts hat neben dem Phonographen den Namen Edison so populär gemacht wie die Glühlampe. Gleichviel, wer die erste hergestellt hat (die Geschichte ihrer Erfindung beginnt im ersten Drittel des vorigen Jahrhunderts), derjenige, der sie lebensfähig und fabrikationsfähig gemacht hat, der Vater der Glühlampenindustrie, ist Edison — Edison und niemand sonst. Von dem Faden aus Graphitpulver und Steinkohlenteer — welcher Glühlampenmacher denkt hier nicht an den Osmiumfaden und den ersten Wolframfaden! — bis zum verkohlten Bambusfaden führt ein langer, mühevoller Weg, ausgefüllt von zahllosen Versuchen, nur um den geeignetsten Stoff für den Faden zu finden. Und dabei war für

Edison die Glühlampe nur eine Einzelheit seines geplanten Beleuchtungssystems, eine wichtige freilich, aber doch nur eine Einzelheit. Schalter, Lampensockel, Sicherungen, Zähler — alles mußte erst konstruiert werden. Man nimmt das Schraubengewinde der Glühlampe und die Bleisicherung mit ihrem Schraubengewinde als etwas Selbstverständliches hin — nur der technisch Schaffende kann ermessen, was Edison im kleinen wie im großen hier geleistet hat. Zahllos sind die Aufgaben, an denen er mit der ihm eigentümlichen Forschungsweise gearbeitet hat. Ob er Eisenerze, minderwertige und höherwertige, in großem Maßstabe zu trennen versuchte, ob er einen neuen Akkumulator entwickelte, ob er seine auf anderem Gebiete gesammelten Erfahrungen der Fabrikation von Portlandzement zuwandte oder ob er Versuche ausführte, seinen Kinematographen zu vervollkommnen, stets war er der technische Physiker großen Stils. Er hat niemals wissenschaftlich gearbeitet, um lediglich der wissenschaftlichen Erkenntnis zu dienen, aber er ist der größte physikalisch-technische Forscher, den die Welt erlebt hat. Und doch bedeuten viele Nebenergebnisse seiner stets regen Phantasie für die Wissenschaft ebensoviel, ja vielleicht noch mehr als für die Technik; so die Entladungserscheinungen in der Glühlampe, aus denen er die Schwärzung der Lampenglocke erklärte, so der von ihm entdeckte und nach ihm benannte Edison-Effekt, der für die Elektronenröhre von Bedeutung werden sollte und andres ähnliches. Den technischen Wissenschaften hat ein Glück verheißender Stern geleuchtet, als Edison sich ihnen zuwandte; hätte er sich der reinen Physik zugewandt, so würde er als Physiker mit den größten in der gleichen Reihe stehen. Die Welt hatte ihn schon seit Jahrzehnten mit Ehrenbezeugungen überschüttet — so war er auch Ehrenmitglied des Elektrotechnischen Vereins —, ein unvergängliches Denkmal aber hat er sich selber gesetzt. Zu den wenigen, die von sich sagen dürfen: „es wird die Spur von meinen Erdetagen nicht in Äonen untergehn“, gehört THOMAS ALVA EDISON. *B.*

Der tönende Kondensator*.

Von **Hans Vogt**, Berlin.

Übersicht. Verschiedene Schallerzeugungsmöglichkeiten werden angegeben, diejenige mittels elektrostatischen Feldes ausführlicher besprochen und einiges aus der Geschichte des elektrostatischen Lautsprechers mitgeteilt. Die neueren Konstruktionen elektrostatischer Lautsprecher (Dreielektroden-System, Aufbau der Elektroden, Gesamtanordnung, Antrieb, elektrische Eigenschaften) werden beschrieben und praktische Anwendungsgebiete angegeben.

Die Mittel zur Schallwiedergabe gewinnen von Tag zu Tag eine größere Allgemeinbedeutung. Vor kaum zehn Jahren interessierten sie uns lediglich in der Form des an unseren Fernsprechern angebrachten Kopfhörers, der nur zur Übertragung von Sprache diente. Es kam dann die Popularisierung der großen Fortschritte der Hochfrequenz- und Verstärkertechnik, der Rundfunk. Schon diese Neuerung, die auch die Übertragung musikalischer Darbietungen ermöglichte, stellte qualitativ und quantitativ größere Ansprüche an das Schallwiedergabemittel. Nach dem Rundfunk erlebten wir, acht Jahre nach seiner Erfindung, die Einführung des „sprechenden Films“. Wiederum wurden an die Schallwiedergabemittel gesteigerte Anforderungen gestellt; ist doch in der Kette der verschiedenen elektroakustischen Umformungs- und Übertragungsmittel gerade der Lautsprecher dasjenige, was noch in gewisser Hinsicht einen problematischen Charakter aufweist. Es ist somit begreiflich, daß in allen einschlägigen Laboratorien der Welt an der endgültigen technischen Lösung dieses Problems gearbeitet wird. Auch ich beschäftige mich seit 1919 mit diesem Problem und habe, besonders in den letzten Jahren, eingehende Versuche unternommen, das elektrische Wechselfeld der Schallerzeugung dienstbar zu machen.

Bevor ich auf mein spezielles Thema eingehe, muß ich einiges vorausschicken. Zunächst möchte ich Ihnen einen kurzen Überblick über die verschiedenen Schallerzeugungsmöglichkeiten geben, sodann die Grundform eines elektrostatisch erregten Schallstrahlers schildern sowie die wesentlichen Faktoren, die dabei eine Rolle spielen, schließlich will ich Ihnen einen kurzen geschichtlichen Überblick derjenigen Veröffentlichungen und Arbeiten geben, die vor Beginn meiner speziellen Versuche liegen.

Für die Umsetzung der Wechselströme des akustischen Frequenzbereiches in Schallvorgänge bieten sich z. Z. die folgenden Möglichkeiten:

1. Der Spitzenentladungs-Effekt. Die hochtransformierten Wechselspannungen strömen aus sehr dünnen Spitzen aus, erzeugen elektrischen Wind und bewegen damit die anliegende Luftmasse. Diese Möglichkeit dürfte sehr unwirtschaftlich und vor allem nicht zur Erzeugung langsamer Schallfrequenzen brauchbar sein.
2. Der tönende Lichtbogen. Einem Gleichstrom-Lichtbogen werden die Schallwechselströme überlagert, und auf diese Weise wird sein Volumen und damit die Wärmeabstrahlung geändert; die anliegende Luft wird im Schallrhythmus erregt. Infolge der unerwünschten Nebenwirkung der Wärmeentwicklung dürfte dieser Möglichkeit keine praktische Bedeutung zugesprochen werden.
3. Das Thermophon. Die akustischen Wechselströme durchfließen und erwärmen sehr dünne Drähte. Auch dieses Verfahren dürfte infolge der Wärmekapazität der Drähte und der ungünstigen Luftkopplung keine praktische Bedeutung erlangen.
4. Das magnetische Feld. Auf Änderungen des magnetischen Feldes beruhen alle gebräuchlichen Lautsprechersysteme. Das räumlich verhältnismäßig eng begrenzte magnetische Feld macht die Anwendung von Zwischengliedern (Trichter, Papierkonen usw.) erforderlich, um eine günstige Luftkopplung zu erzielen. Hieraus ergeben sich die bekannten akustischen Nachteile.
5. Das elektrische Feld. Dieses Prinzip, auf das jetzt näher eingegangen werden soll, bietet physikalisch die Möglichkeit, große und leichte Membranen an allen Punkten durch elektrische Kräfte in Schwingungen zu versetzen und erscheint physikalisch wie akustisch für die Schallerzeugung am aussichtsreichsten.

Abb. 1. Abb. 2. Abb. 3.

Nunmehr seien kurz die Grundform und die für dieselbe wesentlichen physikalischen Faktoren einer elektrostatischen Schallerzeugungseinrichtung beschrieben. Legt man an zwei sich einander gegenüber stehende Metallplatten entgegengesetzte Potentiale, dann findet eine Anziehung statt (Abb. 1). Diese Anziehungskraft P ist durch den folgenden Ausdruck definiert:

$$P = \frac{F\,U^2}{8\,\pi\,d^2},$$

worin F die Fläche, U die Spannung, d den Abstand zwischen den beiden Platten und $8\,\pi$ eine Konstante darstellen. Eine Vorstellung von der Größe dieser Kräfte vermittelt folgendes Beispiel: Zwei kreisrunde Flächen von 380 mm Dmr., auf 2000 V geladen, ziehen sich bei einem Abstand von 0,5 mm mit einer Kraft von 0,5 kg an. Will man eine solche Einrichtung zur Schallerzeugung verwenden, muß die eine Elektrode (Membran) schwingungsfähig, die andere Elektrode stationär angeordnet, außerdem durchlöchert sein, damit während des Schwingens ein leichter

* Gekürzte Wiedergabe der Experimentalvorträge, gehalten am 14. X. und 4. XI. 1930 im Elektrotechnischen Verein. Besprechung auf S. 1423 dieses Heftes.

Austritt der im Spalt vorhandenen Luftmenge nach außen und damit die Entstehung von Schall möglich ist (Abb. 2). Da die elektrostatische Anziehungskraft unabhängig vom Polarisationsvorzeichen ist, würde bei Aufladung mit Wechselstrom eine Verzerrung, und zwar eine Verdopplung der Amplitude eintreten; die Anordnung wäre für Schallübertragung nicht geeignet. Durch Anwendung einer Polarisationsspannung wird, wie aus Abb. 3 und 4 zu ersehen ist, dieser Nachteil vermieden. Ferner

Abb. 4. Schematische Darstellung der Bewegung der Membran eines einseitig erregten elektrostatischen Lautsprechers.

ist es notwendig, daß die bewegliche Elektrode eine elastische Rückstellkraft besitzt, um beim Nachlassen des elektrischen Feldes in ihre ursprüngliche Lage zurückzugehen. Das mit dem Quadrat der Annäherung wachsende elektrische Feld verursacht bei einer einseitig wirkenden Anordnung eine Asymmetrie zwischen Spannung und Membranbewegung, welche annähernd proportional den auf sie einwirkenden Kräften ist, also ebenfalls eine Amplitudenverzerrung. Abb. 4 veranschaulicht diesen Vorgang näher. Diese Verzerrung wird durch die Anwendung einer doppelseitigen Anordnung symmetrisch gestaltet; sie wird gemildert durch die Verwendung von Membranen mit hoher Zerreißfestigkeit und niedriger Dehnung, außerdem durch besondere Anordnung dämpfender Luftschichten. Diese Anordnung, die Abb. 5 in ihrer prinzipiellen Form zeigt, wurde von mir als die zweckmäßigste erkannt und soll später näher beschrieben werden.

Abb. 5. Prinzipschema eines doppelseitig wirkenden elektrostatischen Lautsprechers.

Abb. 6. Das Statophon, der erste elektrostatische Lautsprecher.

Bevor dies geschieht, sei ein kurzer geschichtlicher Überblick über die Arbeiten gegeben, die bisher unternommen wurden, um Schall auf elektrostatischem Weg zu erzeugen. — Die ersten, allerdings spärlichen Veröffentlichungen fallen in die Zeit der Erfindung des magnetischen Telephons durch Bell und Reis, liegen also 50 Jahre zurück. Edison[1] veröffentlichte 1878 einige Gedanken hierüber. Dolbaer[2] läßt sich 1881 ein elektrostatisches Kopftelephon patentieren. In der ETZ findet sich 1909 eine Arbeit von Ort und Rieger[3]; aber erst Unterholzner[4] erwähnt 1911 die für die Wirksamkeit eines elektrostatischen Schallstrahlsystems wesentlichen Faktoren: gelochte Elektrode, Polarisationsspannung und doppelseitige Erregung.

Die ersten praktischen Resultate erzielte die von mir zur Verwirklichung des Problems des sprechenden Films gegründete Erfindergemeinschaft „Tri-Ergon" (Massolle, Dr. Engl und Hans Vogt) mit ihrem elektrostatischen Lautsprecher „Statophon"[5]). Ein Merkstein in der Geschichte des Tonfilms wie des elektrostatischen Lautsprechers wird immer der 17. IX. 1922 bleiben; an diesem Tage wurden in dem großen Alhambra-Theater in Berlin die ersten Licht-Tonfilme der Welt mit elektrostatischen Lautsprechern vorgeführt. Am 5. V. 1923, also vor Einführung des Rundfunks, veranstalteten die gleichen Erfinder in der Hochschule für Musik das erste „elektrische Fernkonzert"[6]. Über die bei diesen Vorführungen angewendeten akustischen Mittel wurde an verschiedenen Stellen berichtet[7]. Das bei diesen Vorführungen verwendete „Statophon" bestand aus großen Glimmermembranen (rd. 50 cm Dmr.) mit einer Dicke von etwa 0,1 mm, welche auf der einen Seite versilbert waren. Diese Glimmermembranen wurden radial gespannt und auf ruhende und durchlöcherte Metallelektroden aufgebracht. Die auftretenden Eigenschwingungen versuchte man zu vermeiden, indem man die Membran an verschiedenen Stellen abklemmte. Man kam so zu exzentrischen Ringmembranen unterschiedlicher Breite, die keine mechanischen Resonanzlagen mehr aufweisen sollten. Abb. 6 stellt ein solches Statophon dar. Die Statophone wurden unterschiedlich für verschiedene Frequenzbereiche hergestellt und bei der Aufführung zu gemeinsamer Wirkung parallel geschaltet. Leider war ihre Wiedergabe reich an Amplitudenverzerrungen, die Wiedergabe tiefer Töne war ebenfalls nicht möglich. Da sie auch infolge des ungeeigneten, schwer zu beschaffenden Membranmaterials nicht fabrikatorisch herstellbar waren, verloren die Statophone bald jegliche praktische Bedeutung.

Die zunehmende Bedeutung des Rundfunks veranlaßte mich, nach Auflösung der Tri-Ergon-Erfindergemeinschaft intensiver das Problem zu erforschen, inwieweit man auf

Abb. 7. Einseitig erregter elektrostatischer Lautsprecher.

Abb. 8. Erstes Radio-Netzanschlußgerät mit elektrostatischem Lautsprecher.

elektrostatischem Wege einen brauchbaren Rundfunk-Lautsprecher bauen könne. Ich begann diese Arbeiten mit der Schaffung eines neuen Membranmaterials und verbesserte und verbilligte die Herstellung der ruhenden Elektrode. Es entstand dann für Rundfunkzwecke ein elektrostatischer Lautsprecher, der in der Abb. 7 dargestellt ist. Infolge seiner abnormen Anschaltbedingungen war dieser Lautsprecher nicht in der üblichen Weise am Radioempfänger zu gebrauchen. Um diese Schwierigkeit zu umgehen, schuf ich für diesen Lautsprecher im Jahre 1927 ein netzbetriebenes Dreiröhrengerät, das in Abb. 8 dargestellt ist und wohl als der erste deutsche Radioapparat bezeichnet werden kann, bei welchem Lautsprecher-, Verstärker- und Netzanschlußteil eine Einheit bilden, eine Anordnung, der, wie die Erfahrung lehrte, die Zukunft gehört. Dieser Apparat war besonders für die Wiedergabe von Sprache ganz ausgezeichnet, die Wiedergabe von Musik war infolge Fehlens der tiefen Töne noch mangelhaft. Im Jahre 1928 ging ich dann zum doppelseitig erregten System über und vergrößerte gleichzeitig den Membrandurchmesser. Abb. 9 zeigt einen solchen Lautsprecher mit einem Membrandurchmesser von 40 cm. Auch für diesen Lautsprecher entwickelte ich 1928 ein Gerät, um praktische Erfahrungen zu sammeln. Dieses Gerät, Abb. 10 zeigt dasselbe rückseitig, war für eine Wechselstromleistung von 3 W gebaut und hatte einen Neutrodyn-Fernempfänger sowie eine Einrichtung zur Wiedergabe von Schallplatten. Die praktischen Erfahrungen mit einer großen Anzahl dieser Geräte waren hinsichtlich des Verhal-

[1] Th. A. Edison, The Electrician 1878, S. 15.
[2] Dolbaer, DRP. 18 435 vom 3. IV. 1881.
[3] Ort u. Rieger, ETZ 1909, S. 655.
[4] Unterholzner, DRP. 259 440 vom 29. VIII. 1911; USA-Patent Nr. 1 082 248.
[5] Tri-Ergon, DRP. 368 899 vom 31. X. 1920; 368 900 vom 2. XI. 1920; 437 541 vom 19. II. 1921; 426 839 vom 30. XI. 1921.
[6] Siehe Tagespresse vom 6. V. 1923.
[7] Rolle, Kinotechnik 1922/23, S. 857. H. Vogt, Kinotechn. Jahrb. 1925/26, S. 86; VDI-Z. Bd. 70, S. 199 (1926).

tens der elektrostatischen Lautsprecher im Betrieb schon recht zufriedenstellend; es stellte sich nur heraus, daß das bisher gebräuchliche Membranmaterial noch nicht genügend Dauerstandfestigkeit besaß und daß vor allem die Herstellung des Lautsprechers aus Metall noch zu kostspielig war. Neben meinen Arbeiten wurden noch Konstruktionen von Reiß[8] und Kyle[9] bekannt, welche als schwingende Membran eine dünne, leitend belegte Gummimembran verwendeten, mittlerweile aber, offenbar infolge der Unzuverlässigkeit des Gummis, wieder verschwanden. Auf Grund dieser Erfahrungen und Überlegungen nahm ich dann die Arbeit an diesem Problem erneut auf. Das Resultat dieser Versuche ist das Oszilloplan. — Nach diesem kurzen geschichtlichen Überblick soll nunmehr dieser neue „tönende Kondensator" näher beschrieben werden[10].

Abb. 9. Doppelseitig wirkender Lautsprecher, 400 mm Dmr.

Das Oszilloplan in seiner gegenwärtigen Gestalt (Abb. 11) ist ein tamburinförmiger Körper von etwa 40 cm Dmr., 5 cm Höhe und einem Gewicht von etwa 2 kg. Es besteht aus zwei ruhenden Elektroden aus Bakelit, zwischen denen die Membran schwingbar angeordnet ist.

Die Membran ist die Seele der Anordnung. Umfangreiche Legierungs- und Walzversuche waren erforderlich, um sie so herzustellen, daß sie den Beanspruchungen auf die Dauer gewachsen war. Die Oszilloplan-Membran besteht aus einer Aluminium-Magnesium-Legierung, hat eine Dicke von etwa 0,02 mm und einen Durchmesser von ungefähr 400 mm. Zur Beurteilung ihrer mechanischen Eigenschaften sei auf Abb. 12 verwiesen, aus welcher die Zerreißfestigkeit und Dehnung des neuen Materials im Verhältnis zu bisher verwendeten ähnlichen Metallegierungen hervorgehen. Wie die Kurven zeigen, liegt die Elastizitätsgrenze der besten, der sog. TM 1-Legierung, bei 30 kg bei einer Dehnung von nur 0,37 %, die Zerreißgrenze zwischen 42 und 44 kg/mm², also fast bei der des gewöhnlichen Flußstahls. Die Erfahrungen ergaben, daß außer Zerreißfestigkeit und Dehnung vor allem die Dauerstandfestigkeit von größter Wichtigkeit ist. Um diese für die Betriebsicherheit wesentliche Frage zu klären, wurden längere Meßreihen durchgeführt. Die dabei benutzte Anordnung sowie die erzielten Resultate gehen aus Abb. 13 hervor. Die Meßmethode beruht auf folgendem Vorgang: Erhöht man die an einer Lautsprechereinheit liegende Spannung langsam, so „fällt" bei einem gewissen kritischen Wert die Membran an die ruhende Elektrode plötzlich an; die elektrostatischen Kräfte, die auf die Membran wirken, sind größer als die elastische Rückstellkraft der Membran geworden. Dieser Spannungswert, „Anfallspannung" genannt, bei welchem die Membran nach der festen Elektrode „durchfällt", ist bei sonst gleichbleibenden Verhältnissen (Temperatur, Restladungen, Abstand usw.) nur von der mechanischen Membranspannung abhängig, somit ein brauchbares Kriterium zur Kontrolle derselben. In Abb. 13 sind diese Anfallspannungen für bestimmte Stoffe in Abhängigkeit von der Zeit aufgetragen. Aus diesen Kurven ist nicht nur zu ersehen, daß die größere Festigkeit des hochelastischen Membranmaterials die Anwendung sehr viel größerer Felddichten (z. B. im Vergleich zu einer gewöhnlichen Aluminiumfolie etwa wie 3 : 1) erlaubt, sondern daß nach dem Einspannen, wobei die Membran radial stark beansprucht wird, nur zu Beginn ein unwesentliches Nachlassen der mechanischen Spannung eintritt. Bereits 100 h nach dem Einspannvorgang stellte sich der stabile Zustand ein, der sich, wie aus dem Verlauf der Kurve *TM 1* zu ersehen ist, nicht mehr ändert.

Abb. 10. Radio- und Schallplattengerät mit elektrostatischem Lautsprecher und Fernempfänger.

Hierbei ist natürlich Voraussetzung, daß Differenzen im linearen Ausdehnungskoeffizienten der Bakelitelektroden und des Membranmaterials innerhalb eines plausiblen Temperaturbereiches keine Rolle spielen. Dieses Problem wurde gelöst durch Angleichung der Wärmeausdehnungsziffer des Bakelits an das der Aluminium-Magnesium-Legierung innerhalb eines Temperaturintervalls — 15 ° bis + 50 ° C. Diese Arbeiten und die Messungen, die interessante Aufschlüsse über die Geeignetheit von Bakelit als Werkstoff für Präzisionsteile ergaben, über die hier zu berichten aber zu weit führen würde, sollen später veröffentlicht werden. Sie ergaben, daß Bakelit bei Anwendung einiger neuer Vorkehrungen als ersktlassiger Werkstoff betrachtet werden kann und in der Zeit keinerlei Änderungen unterworfen ist.

Abb. 11. Der tönende Kondensator „Oszilloplan".

Die ruhenden Elektroden werden im Heißpreßverfahren aus den Kondensationsprodukten des Phenols oder Formaldehyds unter Verwendung besonders präparierter Füllmittel hergestellt[11] und sind derart konstruiert, daß sie ein Maximum von Luftdurchlässigkeit mit einem Maximum an Steifigkeit und mechanischer Widerstandsfestigkeit verbinden. Bei der Konstruktion der Elektroden mußte ferner, aus Gründen der Erzielung einer annähernd gleichmäßig verlaufenden Schalldruckkurve, auf die Beseitigung gewisser Unregelmäßigkeiten, die bei gespannten und schwingenden Membranen auftreten, Rücksicht genommen werden. Messungen an solchen Membranen ergaben nämlich, daß auch bei diesen relativ sehr leichten Gebilden der 1. und 2. Eigenton sehr stark hervortraten. Die Stelle der Maximalelongation liegt beim 1. Eigenton in der Mitte der Membran, beim 2. Eigenton bei etwa ⅔ des Durchmessers, wie Abb. 14 und 15 zeigen, die durch Bestäubung der schwingenden Membran gewonnen wurden. Diese Membranresonanzen wurden durch Erhöhung der Luftdämpfung an den Stellen der Maximalamplituden stark unterdrückt und dadurch die Resonanzspitzen ganz beträchtlich erniedrigt, ohne daß ein allgemeiner Verlust an Lautstärke in den übrigen Frequenzgebieten eingetreten wäre. Wie aus einem Schnitt des Oszilloplans (Abb. 16) zu ersehen ist, wurde dies erreicht durch eine Verbreiterung der Elektrodenstege nach der Mitte zu und bei einem Radius, der etwa ⅔ des Gesamtdurchmessers der Membran beträgt.

Die Elektroden werden, nachdem vorher die eingepreßten Löcher auf der der Membran zugekehrten Seite durch Abdrehen geöffnet worden sind, mit einer dünnen

[8] E. Reiß, DRP. 452 961 vom 10. X. 1927; 455 151 vom 5. I. 1928.
[9] C. Kyle, USA-Patent Nr. 1 644 387 vom 4. X. 1927; 1 746 540 vom 11. II. 1930.
[10] Weitere Angaben über den neuartigen Lautsprecher: Physikal. Laboratorium Hans Vogt, Berlin W 35, Genthiner Str. 17.

[11] Fabrikant: Isola-Werke AG., Birkesdorf b. Düren, Rhld.

Schicht einer elektrisch leitenden Substanz (z. B. Graphit, Metallpulver u. ä.) auf der ebenen Seite überzogen. Über diese leitende Schicht kommt dann ein Isoliermittel, dem ebenfalls wieder bestimmte Eigenschaften hinsichtlich elektrischer Durchschlagfestigkeit, Dielektrizitätskonstante und Bearbeitbarkeit eigen sein müssen. Bei diesem Isoliervorgang mußte vor allem darauf geachtet werden, daß die Stellen der größten Felddichte, von wo aus in erster

Abb. 12. Festigkeits-Dehnungs-Kurven von Membranmaterialien.

Linie elektrische Entladungen einsetzen, bevorzugt mit dem Isoliermittel bedeckt sind. Die üblichen Lackauftragungsverfahren versagten hier vollständig, das Isoliermittel zog sich beim Aufbringen und Trocknen von den Ecken weg und setzte sich auf den ebenen Flächen in unerwünscht dicken Schichten fest. Die Abb. 17 und 18 illustrieren diese Vorgänge durch mikrophotographische Aufnahmen

Abb. 13. Darstellung der Dauerstandfestigkeit von Membranmaterialien.

eines herausgebrochenen Steges. Bei Abb. 17 (in normaler Weise lackiert) erkennt man deutlich, wie in der Mitte der Rippe sehr viel, aber am Rand so gut wie kein Isoliermittel vorhanden ist; eine an den Kanten besonders verdickte Lackschicht (Abb. 18) entsteht, wenn man beim Auftragen des Isoliermittels ein neuartiges Verfahren anwendet, auf das hier einzugehen zu weit führen würde. Als Isoliermittel eignen sich Lacke der Nitrozellulose-Gruppe mit gewissen mineralischen Zusätzen.

Bezüglich des Zusammenbaus und der Konstruktion des Oszilloplans ist unter Hinweis auf Abb. 16 noch folgendes zu erwähnen: Der Abstand zwischen der Membran und den ruhenden Elektroden ist in der Mitte größer als am Rand; der Abstand selbst ist von der Größe der gewünschten Membranamplitude, also von der Schalleistung abhängig. In der Mitte ist die Membran durchlöchert, um eine Schraube mit Distanzring aufzunehmen, die die beiden ruhenden Elektroden fest gegeneinander preßt. Gegebenenfalls kann der Abstand zwischen den festen Elek-

Abb. 14 u. 15. Schwingungsformen einer gespannten Membran.

troden und der Membran durch eine Druckschraube auch einstellbar gemacht werden. Parallel zu den Punkten höchster Wechselspannung, also in diesem Fall zu den beiden Elektroden, liegt eine aus zwei Wolframkontakten bestehende einstellbare Sicherheits-Entladestrecke; die Isolierschicht der Elektroden kann also selbst bei unsachgemäßer Behandlung niemals gefährdet werden.

1 Membranspannrahmen
2 Versteifungsrippe
3 Abdeckring
4 Klemmring für die Stoffverkleidung
5 durchbrochenes Abdeckblech
6 Ringrippen
7 Membran
8 Radialrippen
9 Verbindungsschraube für die Kapazitätsflächen
10 Zwischenlage
11 Leichtmetallfolie
12 Isolierschicht
13 leitende Kolloidschicht
14 Kapazitätsfläche

Abb. 16. Schnitt durch das Oszilloplan.

Für den Betrieb des Oszilloplans sind besondere Schaltungen zur Erzeugung der Polarisationsspannung sowie für die Anpassung an den Verstärker erforderlich; es findet also am besten in Verbindung mit Empfänger, Verstärker und Netzanschlußteil Verwendung, d. h. in einer Anordnung, die wohl auch das zukünftige ideale Schallgerät darstellen wird. Die Erzeugung der Polarisationsspannung erfolgt am einfachsten in der Weise, daß man eine vom üblichen Netztransformator gelieferte hohe Wechselspannung gleichrichtet und an die Anordnung legt. Die Gleichrichtung geschieht am besten mittels einer der üblichen Gleichrichterröhren, in welche noch eine zusätzliche Elektrode eingeschmolzen ist. Die aufzuwendenden Gleichrichtungs- und Beruhigungsmittel sind, da es sich hier um Spannungen, nicht um Ströme handelt, mit einem sehr geringen Kostenaufwand zu beschaffen. Die Sprechwechselströme werden mittels eines Transformators den äußeren Elektroden zugeführt, wie dies Abb. 19 zeigt, aus der auch das Schaltbild für die Erzeugung der Polarisationsspannung zu ersehen ist. Bei der gebräuchlichsten Schaltung erfolgt die Potentialverteilung in der Weise, daß einerseits der eine Pol der Polarisationsspannung an der Membran, der andere an der Mitte des Ausgangstransformators und damit an den beiden ruhenden Elektroden anliegt. Im unbesprochenen Zustand heben sich die die Membran angreifenden elektrostatischen Anziehungskräfte auf. Zuführung von Wechselströmen in den Ausgangstransformator stört das Gleichgewicht, und es kommen, wie aus dem Schaltbild ohne weiteres zu ersehen ist, entgegengesetzte Änderungen der elektrischen Felder und damit Membranbewegungen zustande.

Abb. 20 und 21 zeigen verschiedene Ausführungsformen von Radiogeräten, die mit Oszilloplan ausgerüstet wurden.

Die Kapazität eines Oszilloplans, das für die Aufnahme von etwa 2 ... 3 W Wechselstromenergie bemessen ist und in der oben erwähnten Schaltung verwendet wird, beträgt etwa 450 ... 500 cm. Diese Kapazität ist zum größten Teil „dynamische Kapazität“, also solche, die unter dem Einfluß des elektrischen Wechselfeldes ihren Wert ändert. Der Isolationswiderstand zwischen der Membran und einer ruhenden Elektrode ist größer als $500 \cdot 10^{6}\,\Omega$. Die Frequenzabhängigkeit ergibt sich aus Abb. 22, in welcher die Schalldrucke des Oszilloplans sowie einer Reihe von Vergleichslautsprechern bei günstigster Anpassung für jede Type aufgetragen sind. Die Schalldruckwerte wurden bei allen Lautsprechern nach der Grützmacher-Meyerschen Methode im Nachhallraum unter gleichen Bedingungen gemessen. Die dem Gitter zugeführten Wechselspannungen für die verschiedenen Frequenzen und Lautsprecher blieben konstant, so daß die Lage der Kurven zueinander nicht nur eine qualitative, sondern auch eine quantitative Vergleichsmöglichkeit bietet. Typisch für das Oszilloplan ist vor allem der gleichmäßigere Verlauf der Kurve in dem uns am meisten interessierenden Teil des akustischen Frequenzbereiches, wodurch die den elektrostatischen Lautsprechern subjektiv zugesprochene, natürliche und nicht mechanisch klingende Schallwiedergabe ihre physikalische Erklärung findet; auch die tiefen Töne werden in ihrem Grundton, besonders bei Verwendung eines Schallschirms oder einer äquivalenten Einrichtung, z. B. einer Truhe, sehr gut übertragen, wie der punktierte Fortsatz der Oszilloplan-Schalldruckkurve zeigt; auch das Frequenzgebiet über 6000 Hz ist wesentlich besser als bei allen übrigen Lautsprechern vertreten.

Abb. 17 u. 18. Rippen einer Oszilloplan-Elektrode mit Isoliermittel-Überzug.

Abb. 20. Kleines Radio- und Schallplattengerät mit Oszilloplan.

Abb. 21. Radio- und Schallplattengerät mit Oszilloplan.

Abb. 19. Oszilloplan-Lautsprecher-Schaltung mit Empfänger, Verstärker und Netzanschlußteil.

Eine weitere Steigerung der Schallqualität über das schon jetzt Erreichte hinaus erscheint mir vor allem in der Weise möglich, daß man, wie schon an anderen Stellen[12] erwähnt, akustische Strahlsysteme mit unterschiedlichen Frequenzbereichen zur Wiedergabe benutzt. Es ist für einen einzelnen Lautsprecher eine geradezu unerhörte Zumutung, den Schlag einer Pauke und gleichzeitig das Zirpen einer Grille zu reproduzieren. Einen gangbaren Weg erblicke ich darin, verschiedene elektrostatische Schallstrahlsysteme selektiv für verschiedene Frequenzbereiche zu erregen. In Abb. 23 sind die Schalldrucke einer solchen Einrichtung, die aus 3 verschiedenen Lautsprecheranordnungen besteht, aufgetragen; die Güte der damit erzielten Schallwiedergabe läßt kaum mehr zu wünschen übrig. Bei dieser Anordnung sind zur Erzielung der tiefen Töne 3 Oszilloplane in einem großen Schallbrett vorgesehen, ein Oszilloplan mit Zerstreuungseinrichtung für die mittleren Töne und eine besondere kleine Konstruktion für die extrem hohen Töne; die damit erzielte Wiedergabe übertrifft die normale Wiedergabe beträchtlich. Grund-

Abb. 22. Schalldruckkurven von Lautsprechern verschiedener Systeme.

Abb. 23. Schalldruckkurven von Lautsprechern für verschiedene Frequenzgebiete.

[12] W. Hahnemann, DRP. 451 662 vom 1. IV. 1925. Massolle, Engl, Vogt, DRP. 387 069 vom 23. V. 1920.

sätzlich ergibt sich aber auch schon beim einzelnen Oszilloplan die Möglichkeit, die Membran mit mehreren Frequenzbereichen zu erregen, wodurch sich ebenfalls eine Verbreiterung des Frequenzumfanges erzielen ließe. (Zonen-Oszilloplan.)

Ich führte nun das Berliner Radioprogramm und Schallplatten auf verschiedenen elektrostatischen Lautsprechern vor, und zwar zunächst einseitig wirkende Anordnungen, dann Apparate mit Netzanschluß, dann doppelseitige Anordnungen, alsdann verschiedene, mit dem neuesten Lautsprecher „Oszilloplan" ausgerüstete Geräte, zum Schluß eine Einrichtung mit Lautsprechern verschiedener Frequenzbereiche. Beim ersten Vortrag in der Aula der Technischen Hochschule litten die Vorführungen sehr unter den ungünstigen Empfangsbedingungen und der schlechten Akustik des Raumes. Die Experimente gelangen aber ausgezeichnet beim zweiten Vortrag im physikalischen Hörsaal der Technischen Hochschule und vermittelten den Hörern einen starken Eindruck der schon jetzt erreichten Wiedergabegüte.

Die elektrischen Sicherheitsmaßnahmen eines Walzwerkantriebes der Vereinigte Stahlwerke AG. in Leonard-Schaltung.

Von Dipl.-Ing. **Walter Moritz**, Bochum.

Übersicht. Es wird gezeigt, welche Vielseitigkeit die Sicherheitsmaßnahmen bei den heutigen Leonard-Antrieben erreicht haben. Auf dem ganzen Leitungszuge von der Stromerzeugung bis zur Verbraucherstelle sind Abhängigkeiten geschaffen, die nicht nur auftretende Fehler örtlich begrenzen, sondern auch alle Möglichkeiten von Fehlschaltungen, Überlastungen, Kurzschlüssen usw. erfassen und beherrschen. Drehstromseitig sind die elektrischen und mechanischen Verriegelungen geschildert, gleichstromseitig wird das zwangläufige Arbeiten der Anker- und Erregerstromkreise durch Steuerapparat, Höchststrom- und Handmagnetschalter veranschaulicht. Weiter wird auf die Anordnung der Meßgeräte eingegangen und die Signalanlage zur Verständigung zwischen Schaltanlage, Motorhaus und Steuerbühne beschrieben. Zuletzt werden noch die Betriebserfahrungen mit den Großmaschinen und ihre Instandhaltung kurz gestreift.

Nachstehend sollen die Sicherheitsmaßnahmen für den elektrischen Antrieb eines neuzeitlichen Röhrenwalzwerks, Verfahren Mannesmann, beschrieben und die Betriebserfahrungen mehrerer Jahre geschildert werden.

Die Anlage wurde bemessen für eine monatliche Gesamtleistung von annähernd 10 000 t Röhren in den Abmessungen von 130 ... 380 mm lichtem Rohrdurchmesser. Die Fertigung erfolgt durch zwei Walzwerke getrennt für Röhren mit 130 ... 210 und 210 ... 380 mm Dmr. Jedes Walzwerk besteht aus zwei Walzenstraßen, der Schräg- und Pilgerstraße. Die Schrägstraßen bedienen wegen der kürzeren Walzdauer jeweils zwei Gerüste der Pilgerstraßen. Die kleine Schrägstraße ist durch einen nicht regelbaren Drehstrommotor von 1550 kW Dauerleistung angetrieben. Die übrigen Straßen erhielten Gleichstromantrieb. Die Daten der Motoren sind:

Kleine Pilgerstraße: 1470 kW, 55 ... 85 U/min
Große Schrägstraße: 2140 kW, 90 ... 185 U/min
Große Pilgerstraße: 2200 kW, 33 ... 55 U/min

Sämtliche Motoren sind für eine Spannung von 600 V gewickelt und kurzzeitig um 100 % überlastbar. Die schlagartigen Beanspruchungen und die damit verbundenen Netzschwankungen durch den Pilgervorgang sind durch Schwungräder ausgeglichen. Bei den Schrägstraßen ist hiervon Abstand genommen, da die Lastkennlinien einen verhältnismäßig gleichmäßigen Verlauf haben (Abb. 1).

Abb. 1. Leistungsdiagramm eines Schräg- und Pilgerwalzvorganges.

Die Forderung des Betriebes, die Drehzahl entsprechend den zu walzenden Rohrabmessungen in weiten Grenzen beliebig verändern zu können, führte zur Anwendung der Ward-Leonard-Schaltung.

Die drei Umformersätze, deren Leistung entsprechend der Größe der Walzmotoren 2300 kW beträgt, sowie die Erregermaschinen wurden unabhängig vom Walzwerk in einer besonderen Halle untergebracht. Sie können von dem Schaltwärter während des Betriebes gut überwacht werden. Die Umformer der großen Schräg- und Pilgerstraße sind miteinander gekuppelt; die beiden Antriebsmotoren laufen parallel. Hierdurch wird ein Lastausgleich geschaffen, der die großen Spitzenlasten gleichmäßig verteilt und Leerlaufzeiten mit schlechtem Leistungsfaktor auf der Drehstromseite vermeidet. Die Walzung kleinerer Rohre auf der großen Straße erfordert verhältnismäßig geringen Kraftaufwand und somit hohen Blindstromverbrauch. In diesem Falle wird ein Motor abgeschaltet; der andere Motor übernimmt jetzt die Last beider Steuerdynamos und wird somit voll ausgenutzt. Gleichzeitig wird der nicht unerhebliche Leerlaufverbrauch des einen Motors gespart.

Abb. 2. Schaltanlage.

Die Sicherheitsmaßnahmen für einen ungestörten Betrieb beschränken sich nun nicht allein auf die Maschinenanlage und deren Zubehör, sie müssen gleicherweise auf dem ganzen Leitungszuge vorhanden sein. Schon beim Strombezug wurde darauf Rücksicht genommen, daß beim Ausfallen der eigenen Erzeugungsanlage ein anderes Kraftwerk zur Lieferung herangezogen werden kann. Haupt- und Reservespannung stehen in zwei getrennten Systemen in der Schaltanlage zum sofortigen Einschalten zur Verfügung. Die Verlegung der Kabel ist in begehbaren Kanälen kurzschlußsicher und mit der notwendigen Reserve vorgenommen worden. Die Einzelheiten der Sicherung der Stromübertragung sollen hier nicht erläutert werden. Bei der Anordnung der Schaltanlage ist man zwecks günstiger Raumausnutzung von den allgemeinen Ausführungsarten abgewichen. Es wurden jeweils 5 Abzweige zu einer Schaltgruppe zusammengefaßt (Abb. 2). Auf der Vorderseite der Gruppe liegen die Antriebe der Öl- und Trennschalter, Ein- und Aus-Lampen sowie ein Stromzeiger, der schon beim Einschalten eine Überwachung der Stromaufnahme ermöglicht. Auf der Rückseite sind die Leistungsschreiber, Kraftverbrauchszähler und die Überstromrelais untergebracht. Innerhalb jeder Schaltgruppe sind die Meß- und Betätigungsleitungen verlegt und zur genauen Über-

sicht für jeden Abzweig zu einem gemeinsamen Klemmbrett geführt und bezeichnet. Auch die Antriebsgestänge zu den Schaltern sind hier in die darunter befindliche Schaltanlage durchgeführt. Um das Schalten der Trennschalter unter Last zu verhindern, ist zwischen Öl- und Trennschalter eine mechanische Verriegelung angebracht, die bei eingeschaltetem Ölschalter den Trennschalterantrieb sperrt. Nachträglich wurde eine ähnliche Verriegelung zwischen den beiden Systemtrennschaltern eingebaut, da ein gemeinsames Einlegen der beiden Schalter Haupt- und Reservespannung aufeinanderschaltet und durch die kurzschlußartigen Auswirkungen einmal die Zerstörung des betätigten Schalters hervorruft, anderseits beide Kraftwerke kurzzeitig zum Erliegen kommen können. In der Hochspannungsanlage sind die Zellentüren im eingeschalteten Zustande ebenfalls auf mechanischem Wege gesperrt, außerdem wird mit Betätigung eines Schalters die Stellung durch Warnungschilder kenntlich gemacht.

A, B, C, D	Hilfskontakte des Anlassers	*Öl-Sch.*	Ölschalter
Ak	Druckknopf für Schnellauslösung	p_w	Parallelwiderstand
A_L	„Aus"-Lampe	Sch_k	Schwimmerkontakt, abhängig vom Wasserstand des Anlassers
Anl.	Anlasser	*Si*	Sicherung
Anl. Mot.	Anlaßmotor	*Sp. R.*	Spannungsrelais
As	Auslösespule des Ölschalters	*Str. W.*	Stromwandler
Bk	Bürstenkontakt, abhängig von der Bürstenstellung	*Sp. W.*	Spannungswandler
Dr. Mot.	Drehstrommotor	*Ü. R.*	Überstrom-Zeitrelais
E_L	„Ein"-Lampe	v_w	Vorschaltwiderstand

Abb. 3. Sicherheiten der Drehstromseite.

Die Sicherheitsschaltungen der Drehstromseite der Leonard-Anlage sind aus Abb. 3 ersichtlich. Der Anlaßvorgang des Antriebsmotors ist mit der Stellung des Ölschalters zwangläufig verbunden. Die Hilfskontakte *A* und *B* des Flüssigkeitsanlassers sind in der Ausschaltstellung, die Kontakte *C* und *D* in der Kurzschlußstellung geschlossen. Der Anlaßmotor arbeitet durch Kettenantrieb auf die Welle des Anlassers. Seine Stromzufuhr erfolgt unabhängig vom Netz durch eine Akkumulatorenbatterie. Beim Einschalten des Ölschalters wird der Anlaßmotor über die Ölschalterkontakte *1* und *2* und die Anlaßkontakte *B* erregt und läuft an. Der Hauptmotor wird angelassen. In der Kurzschlußstellung des Anlassers öffnen sich die Kontakte *B* und der Anlaßmotor wird abgeschaltet. Der Anlaßvorgang ist beendet; der Rotor des Antriebsmotors wird durch die Kurzschlußbrücke kurzgeschlossen. Beim Abschalten des Ölschalters wird der Anlaßmotor über die Hilfskontakte *C* in umgekehrter Richtung erregt und der Anlasser in die Ausgangstellung zurückgedreht. Um nun sicher zu gehen, daß die Anlaßorgane dauernd in Ordnung sind und sich in der richtigen Stellung befinden, sind durch eine Verriegelungsleitung Abhängigkeiten geschaffen worden. Mit Hilfe eines Spannungsrelais erfolgt einmal die Kontrolle der Bürstenstellung, ferner die Überwachung der Stellung und des Wasserstandes des Anlassers. Diese Schaltung ist durch die gestrichelte Linienführung dargestellt. Die Betätigungspannung wird über einen Spannungswandler dem Netz entnommen und durchläuft nacheinander die Erregerspule des Relais, den Anlasserkontakt *A*, die Bürstenbrücke und den Schwimmerkontakt. Das Relais kann daher nur ansprechen, wenn alle Teile in Ordnung sind. Tritt eine Unterbrechung des Leitungszuges auf, z. B. durch falsche Bürstenstellung, so bleibt die Relaisspule unerregt, die Relaiskontakte sind kurzgeschlossen. Ein Einschalten des Ölschalters ist jetzt nicht möglich, da über den Hilfskontakt *4* die Auslösespule A_s in Tätigkeit tritt und den Schalter wieder abschaltet. Um nach erfolgtem Anlassen eine Unterbrechung des Verriegelungstromkreises am Anlasserkontakt *A* zu verhindern, ist eine Umgehungsleitung vom Spannungsrelais über den Ölschalterkontakt *3* vorgesehen. Außerdem muß in der Kurzschlußstellung des Anlassers die Bürstenbrücke umgangen werden, da während des Betriebes die Bürsten abgehoben sind. Hierzu dient der Anlasserkontakt *D*. Das Spannungsrelais selbst ist so eingestellt, daß beim Sinken der Spannung um 40 % der Ölschalter sofort abgeschaltet wird.

Wie bereits erwähnt wurde, sind kurzzeitige Überlastungen bis zu 100 % im Walzwerksbetriebe sehr häufig. Maschinen und Apparate müssen daher entsprechend bemessen werden. Anderseits müssen aber Maßnahmen getroffen sein, die die Maschinen vor Dauerüberlastung und unzulässigen Stromspitzen durch auftretende Fehler schützen. Diese Aufgabe erfüllen die Überstrom-Zeitrelais für begrenzt abhängige Auslösezeit. Sie bestehen aus einem vom Netzstrom über einen Stromwandler betätigten Triebwerk nach Art der Induktionsmotoren, deren Kurzschlußanker eine Aluminiumscheibe ist. An dieser Scheibe ist eine Schnur befestigt, deren anderes Ende einen Auslösekontakt trägt. Beim Ansteigen des Stromes über das Normalmaß dreht sich die Aluminiumscheibe, wickelt die Schnur

Abb. 4. Auslösekurven der Überstrom-Zeitrelais.

auf und nähert so den Auslösekontakt allmählich dem Gegenkontakt. Die Berührung der Kontakte schließt den Auslösestromkreis, die Spule A_s schaltet den Ölschalter ab. Je weiter die Auslösekontakte voneinander entfernt sind, desto langsamer erfolgt durch die längere Laufzeit der Scheibe das Abschalten. Man kann also durch Änderung des Abstandes die Auslösezeit in weiten Grenzen einstellen. Nun tritt aber noch der Umstand in Erscheinung, daß mit dem weiteren Steigen des Stromes die Geschwindigkeit der Aluminiumscheibe zunimmt. Es stehen daher Strom und Zeit in einem ganz bestimmten Verhältnis. Abb. 4[1] zeigt den Verlauf der Auslösekennlinien für 3, 8, 16, 24, 32 und 40 s Zeiteinstellung bei 10 A Stromeinstellung auf der Sekundärseite des Wandlers. Wichtig ist, daß die Kurven bei allen Einstellungen ihren hyper-

[1] Entnommen einer Druckschrift der Lieferfirma.

bolischen Verlauf beibehalten. Durch besondere Vorrichtung erfolgt bei Kurzschluß Schnellauslösung. Ein weiterer Vorteil der Relais liegt in der Möglichkeit, aufgetretene Fehler örtlich zu begrenzen. Die im Leitungszuge liegenden Relais werden derart gestaffelt, daß nur der der Fehlerquelle zunächst liegende Ölschalter auslöst. Es wird somit ein Stillegen des ganzen Betriebes verhindert. Die Wichtigkeit der Überstrom-Zeitrelais verlangt eine ständige Kontrolle und Überwachung. Halbjährlich werden die Auslösezeiten mit Hilfe einer Relaisprüfeinrichtung festgestellt und vermerkt.

Wesentlich mannigfaltiger sind die Sicherheitsmaßnahmen auf der Gleichstromseite. Einmal sind die üblichen Vorkehrungen gegen Überlastungen zu treffen, anderseits Anker- und Erregerstrom derart in Abhängigkeit zu bringen, daß beim Auslösen des Höchststromschalters des Ankerkreises auch der Handmagnetschalter für die Erregung selbsttätig mitabgeschaltet wird. Die Steuerdynamos sind sechspolige Generatoren mit Nebenschlußcharakter. Um die Abmessungen möglichst klein zu halten, wurde die höchste für so große Maschinen gebräuchliche Drehzahl von 600 U/min gewählt. Zwecks guter Kommutierung bei allen Belastungen sind Wendepole und Kompensationswicklung vorgesehen. Die Auswahl der Kohlebürsten ist für die Kommutierung von besonderer Wichtigkeit. Da man mit den Segmentspannungen heute auf das höchstzulässige Maß heraufgeht, können nur Elektrographitkohlen, sogenannte Edelkohlen, verwendet werden. Aber auch hier ist die Auswahl noch verhältnismäßig groß und nicht jede Art geeignet. Weiche Kohlen kommutieren im allgemeinen sehr gut, greifen aber den Kommutator stärker an als harte. Bei den Walzmotoren bietet die Kommutierung wegen der geringen Drehzahl und der niedrigen Segmentspannung keine Schwierigkeiten. Die Kommutatoren können mit billigeren Kohlen bestückt werden. Die Bauart der Walzmotoren ist die gleiche wie bei den Steuerdynamos, jedoch ist zur Anpassung an die verschiedenen Belastungen eine Hilfskompoundwicklung eingebaut, die ein weiches Arbeiten gewährleistet. Es wird hierdurch erreicht, daß mit steigender Last die Leistungsspitzen infolge des allmählichen Abfallens der Spannung und der Drehzahl abflachen.

Die Ankerleitungen der Steuerdynamos und Walzmotoren sind unmittelbar miteinander verbunden. Wahlweises Umschalten wird durch den zwischengeschalteten Umschaltschrank, Abb. 5, vorgenommen. Das Umschalten der zugehörigen Erregerleitungen erfolgt analog. Der Vorteil dieser Schaltmöglichkeiten liegt in der Unabhängigkeit der Auswahl der Maschinen und der Anpassung an die Betriebsverhältnisse. Kommt es vor, daß eine Dynamo durch Reparatur ausfällt, so hat eine andere Dynamo die Leistung für zwei Walzmotoren zu übernehmen. Das Walzwerk muß sich dann allerdings die Einschränkung gefallen lassen, daß bei größeren Blockabmessungen niemals die Lastspitzen beider Straßen zusammenfallen, da andernfalls der Höchststromschalter wegen Überlastung auslösen wird. Die Verzögerung des Walzprogrammes beträgt jedoch höchstens 20 % und spielt, da solche Fälle nur sehr selten vorkommen, eine untergeordnete Rolle. Wichtiger ist, daß trotz des Fehlens eines Reserveumformers der Betrieb nicht unterbrochen wird. In vielen Anlagen sind die Umschaltschränke so ausgeführt, daß bei Fehlschaltungen der Ankerleitungen Überstromrelais die Maschinen abschalten. Hiervon wurde aber Abstand genommmen, da die Leitungen genau bezeichnet und ein Irrtum bei 3 Maschinensätzen fast ausgeschlossen ist. Zum Schutze gegen Überlastungen und Kurzschluß wurde der schon erwähnte Höchststromschalter *HS* eingebaut, dem zur Vermeidung von Spannungserhöhungen ein Wasserwiderstand parallel geschaltet ist. Die Auslösung erfolgt in diesen Fällen durch Ausrücken einer Sperrklinke. Der Schalter hat außerdem noch verschiedene Verrichtungen zu übernehmen, die durch besondere Hilfskontakte bei jeder Schaltstellung eine Überwachung der Anlage ermöglichen und Fehlschaltungen unterbinden. Aus Abb. 6 sind die Einzelheiten ersichtlich. Der Umschalter *U* gestattet ein Abschalten der Hilfskompoundwicklung des Walzmotors, der dann reine Nebenschlußcharakteristik bekommt und Drehzahl und Spannung bei allen Belastungen fast konstant hält. Zum Schalten des Höchststromschalters dient eine vom Netz unabhängige Stromquelle, eine Akkumulatorenbatterie von 110 V Spannung. Die großen Schaltströme zur Magnetisierung der Einschaltspule E_e werden zur Schonung der Kontakte nicht unmittelbar, sondern unter Zwischenschaltung eines Momentschalters, des Einschaltschützes *E.Sch.*, von dem Druckknopf E_D geschaltet. In dem Leitungszuge des Einschaltstromkreises liegen mehrere Abhängigkeiten, die Gewähr für ein vorschriftsmäßiges Schalten bieten. Vom +-Pol der Batterie geht es über den Sperrkontakt S_k des Steuerapparates *St. A.*, den Druckknopf E_D, den Umschalter *U*, den Trennschalter T_{sch} des Wasserwiderstandes W_w und die Erregerspule des Einschaltschützes *E.Sch.* zum —-Pol zurück. Das Einschalten ist also nicht möglich bei falscher Stellung des Steuerapparates, bei ausgeschaltetem Umschalter am Walzmotor und bei offenem Parallelwiderstand des Höchststromschalters. Es könnte nun vorkommen, daß wegen zu kurzer Schaltzeit des Druckknopfes die Einschaltspule E_e keine Zeit findet, den Höchststromschalter einzulegen. Für diesen Fall ist parallel zu dem Verriegelungstromkreis eine Umgehungsleitung abgezweigt, die bei angezogenem Schütz über den Umgehungskontakt U_k die Erregerspule unabhängig vom Druckknopf unter Spannung hält. Erst bei ganz eingeschaltetem Höchststromschalter wird durch den Hilfskontakt F_k über den Widerstand *w* die Erregung weggenommen. Das Schütz fällt ab, der Einschaltvorgang ist beendet. Die Stellung des Schalters ist durch die Lampen E_L und A_L an der Steuerstelle und in der Schaltanlage ersichtlich.

$M_{1...3}$ Walzmotoren $D_{1...3}$ Steuerdynamos $HS_{1...3}$ einpolige Höchststromschalter

Abb. 5. Anordnung des Umschaltschranks.

Wird das Netz von einem kleineren Kraftwerk gespeist, so kann bei Verringerung der Erregung der Steuerdynamos eine Drehzahlsteigerung der Leonard-Umformer die Folge sein. Aus diesem Grunde befinden sich an den Enden der Umformerwelle Fliehkraftschalter F_{sch}, die den Höchststromschalter bei zu hoher Drehzahl abschalten. Gleichzeitig löst auch der Handmagnetschalter H_{sch} für die Erregung aus. Es ist dieses eine Vorsichtsmaßnahme, da mit der Möglichkeit gerechnet werden kann, daß der Anker über den parallel zum Höchststromschalter liegenden Wasserwiderstand W_w Strom erhält und nicht zum Stillstand kommt. Die gleiche Überlegung ist natürlich auch für das Abschalten durch den Ausschaltedruckknopf A_D maßgebend. Auch hier ist das zwangläufige Ausschalten beider Schalter vorgesehen. Ein Einschalten des Höchststromschalters von der Schaltanlage ist aus Sicherheitsgründen nicht möglich. Die Stellung des Handmagnetschalters wird ebenfalls durch Ein- und Aus-Lampen in der Schaltanlage überwacht. Das Anlassen des Walzmotors geschieht wegen der hohen Magnetisierungsströme nicht unmittelbar im Erregerkreise, sondern durch Regelung der Feldwicklung der Erregermaschinen. Die Steuerung erfolgt durch den Steuerapparat *St.A.* (Abb. 7). Dieser besteht aus einem regelbaren Widerstand im Erregerstromkreise der Steuerdynamo sowie einem regelbaren Widerstand zur Schwächung des Feldes des Walzmotors. Aus Sicherheitsgründen und zwecks einfacher Handhabung ist der Regler so ausgebildet, daß der ganze Anlaßvorgang mit nur einem Steuerhebel vorgenommen wird. Die Inbetriebsetzung einer Straße sei kurz geschildert. Leonard- und Erregerumformer werden drehstromseitig eingeschaltet und angelassen. Der Maschinist betätigt nach Verständigung mit der Schaltanlage den Ein-Druckknopf des Höchststromschalters, wodurch die Ein-Lampen des Motorhauses und der Schaltanlage aufleuchten. Dies ist für den Schaltwärter das Zeichen, den Handmagnetschalter einzulegen. Der Walzmotor kann nun durch den Steuer-

apparat angefahren werden. Es muß jetzt Sorge getragen werden, daß die Gewähr für einen störungsfreien Betrieb gegeben ist, und es sind Maßnahmen zu treffen, die u. U. auftretende Fehler schon vor dem Anfahren kenntlich bzw. während des Anlaßvorganges oder des Betriebes in ihrer Wirkung unschädlich machen. Es kann vorkommen, daß die Erregung ausbleibt, der Motor überlastet wird usw. In allen diesen Fällen muß die Anlage augenblicklich abgeschaltet werden. Beim Stillsetzen können durch zu schnelle Betätigung des Steuerhebels infolge der Generatorwirkung des Motors Überspannungen im Ankerkreis auftreten. Ein von der Ankerspannung abhängiges Spannungsrelais *Sp.R.* unterbindet dann ein weiteres Drehen des Steuerhebels. Bereits bei einer Überspannung von etwa 4 % fällt es ab und schließt den Stromkreis für den Sperrmagneten *Sp.* Der Sperrmagnet wird von der Batterie gespeist, die Widerstände w_1 und w_3 bleiben vorgeschaltet. In der Nullstellung des Steuerapparates sind weitere Abhängigkeiten vorgesehen. Der Sperrkontakt *Sk* im Zuge der Verriegelungsleitung des Höchststromschalters verhindert ein Einschalten bei falscher Auslage des Steuerhebels. Würde der Regler nicht in der Nullstellung stehen, so würde bei eingeschaltetem Handmagnetschalter die Steuermaschine sofort Spannung abgeben und der Walzmotor unzulässig schnell anlaufen. Als Sicherheit sind die Feldschwächschütze F_{s1} für die Steuerdynamo und F_{s2} für den Walzmotor zwischengeschaltet und mit der Nullstellung des Steuerhebels durch den Feldschwächkontakt *Fk* in Abhängigkeit gebracht. Außerdem wird mit der Steuerung ein Schleppschalter S_s betätigt, der im ausgeschalteten Zustande ein Ansprechen der Schütze verhindert. Der Schleppschalter ist auf dem Wege „Ein" geschlossen und beim Zurückdrehen offen. Die Feldschwächschütze haben, wie schon die Bezeichnung sagt, noch die weitere Verrichtung zu übernehmen, beim Herunterregeln der Drehzahl das Feld der Steuerdynamo so stark zu schwächen, daß ein sofortiges Abfallen der Drehzahl erfolgt. Hierbei tritt wieder der Schleppschalter S_s in Tätigkeit, der beim Zurückdrehen geöffnet wird. Dem Schütz F_{s1} wird dadurch die Erregung genommen, es fällt ab und schaltet den Widerstand f_{w2} ein. Die Folge ist ein Sinken der Spannung der Steuerdynamo. Da der Walzmotor durch die Schwungmassen aber noch seine volle elektromotorische Kraft behält und als Generator arbeitet, gibt er Strom ins Netz zurück und fällt nun in der Drehzahl stark ab. Erwähnt sei noch, daß die Leitungen der Magnetisierungsspulen der Schütze über die Hilfskontakte des Höchststromschalters geführt sind und nur in der Einschaltstellung des Schalters arbeiten können. Die Spulen erhalten ihre Spannung nicht von der Batterie, sondern von den Sammelschienen der Grunderregung.

Der Wunsch des Betriebes, die Drehzahl auch während des Walzvorganges verändern zu können, zwang dazu, den Schleppschalter bei den Steuerapparaten der Pilgerstraßen außer Tätigkeit zu setzen, da der starke Drehzahlabfall sich ungünstig auf die Güte des Walzgutes auswirkte. Bei der Schrägstraße konnte hiervon Abstand genommen werden, denn eine Regelung während des Betriebes ist nicht notwendig. Die Drehzahl wird für jede Blockabmessung entsprechend eingestellt und nicht verändert. Abb. 8 zeigt die Drehzahlkennlinie in Abhängigkeit von der Zeit beim Anfahren, Betrieb und Stillsetzen. Man erkennt beim Stillsetzen deutlich die Wirkung des abfallenden Schützes F_{s2}.

In der Nullstellung sind also der Sperrkontakt *Sk* geschlossen, der Schleppschalter S_s und der Feldschwächkontakt *Fk* offen. Beim Anfahren sind S_s und *Fk* geschlossen, *Sk* dagegen offen. Das Feldschwächschütz F_{s2} für den Motor zieht an und schließt den Stromkreis für die Schützspule der Steuerdynamo. Der Walzmotor erhält sofort seine volle Erregung. Der vorgeschaltete Regelwiderstand der Feldwicklung der Steuerdynamo wird allmählich durch langsames Weiterdrehen des Steuerhebels auf den Anlaßkontakten abgeschaltet. Im gleichen Maße steigt die Ankerspannung und damit die Drehzahl des Walzmotors. Auf dem letzten Anlaßkontakt sind die volle Spannung und die Grunddrehzahl des Motors erreicht. Das weitere Heraufregeln der Drehzahl wird durch Feldschwächung des Walzmotors vorgenommen. Der Steuerhebel wird langsam weiter gedreht und schaltet durch die Feldschwächkontakte von Stufe zu Stufe Widerstand in den Erregerkreis des Walzmotors. Grundsätzlich werden in den Stromkreisen der Erregung nie sämtliche Widerstände abgeschaltet, eine feste Stufe bleibt immer bestehen (w_s, f_{w1}, f_{w2}). Beim Stillsetzen des Motors öffnet sich der Schleppschalter, das Schütz F_{s1} fällt ab und schaltet den Widerstand f_{w2} ein. Die Drehzahl geht zurück, der Motor wird gebremst und kommt mit weiterem Zurückdrehen allmählich zum Stillstand. In der Ausgangstellung fällt auch das Schütz F_{s2} ab und nimmt die Erregung der Steuermaschine fort. Die Erregung des Motors wird mit dem Aus-Druck-

- A_D „Aus"-Druckknopf
- A_L „Aus"-Lampe
- A_s Auslösespule
- B_{sch} Betätigungschalter
- E_D „Ein"-Druckknopf
- E_k Hilfskontakt des Höchststromschalters
- E_L „Ein"-Lampe
- E_s Einschaltspule
- *E. Sch.* Einschaltschütz
- F_k Feldschwächkontakt
- F_s Feldschwächschütze
- F_{sch} Fliehkraftschalter
- *H.S.* Höchststromschalter
- H_{sch} Handmagnetschalter
- *P, N* 110 V-Sammelschienen der Batterie
- P_1, N_1 110 V-Sammelschienen der Grunderregung
- S_k Sperrkontakt
- T_{sch} Trennschalter
- *U* Umschalter
- U_k Umgehungskontakt
- *w* Vorschaltwiderstand
- W_w Wasser-Parallelwiderstand

Abb. 6. Abhängigkeiten des Handmagnet- und Höchststromschalters.

knopf A_D durch Abschalten des Handmagnet- und Höchststromschalters abgeschaltet. Eine anschauliche Darstellung des Anlaßvorganges geben die Kennlinien der Abb. 9.

Es kann vorkommen, daß der remanente Magnetismus der Feldpole bei laufender Steuermaschine trotz ausgeschalteter Erregung einen Erregerstrom hervorruft, dessen Ausbildung durch die Wendepole und die Kompensationswicklung noch begünstigt wird. Die hierdurch erzeugte Klemmenspannung genügt bereits, um den Walzmotor unerwünscht anlaufen zu lassen. Die Größe dieses Magnetisierungsstromes ist von der Bürstenstellung der Steuerdynamo abhängig. Stehen die Bürsten genau in der neutralen Zone, halten sich der Magnetisierungsstrom und die Stromaufnahme des Ankerkreises in normalen Grenzen. Beim Verschieben der Bürsten in der Drehrichtung der Maschine wird der Magnetisierungsstrom gleichmäßig geschwächt, die Stromaufnahme in den Ankerleitungen geht weiter zurück. Umgekehrt liegen die Verhältnisse beim Drehen der Bürsten entgegen der Drehrichtung. Schon durch ganz geringe Verschiebungen aus der Neutralen wird die erzeugte Klemmenspannung so hoch, daß der Walzmotor anlaufen kann. Noch unangenehmer ist es, wenn das Drehmoment bei Motoren mit großen Schwungmassen zum Anlaufen nicht ausreicht (Pilgerstraßen). Die Stromaufnahme des Ankers schnellt dann in kürzester Zeit auf einen derart hohen Wert, daß im Falle eines Versagens des Höchststromschalters sowohl die Wicklungen der Steuermaschine als auch die des Walzmotors in wenigen Sekunden verbrennen können. Zur Vermeidung dieser Möglichkeit ist stets darauf zu achten, daß nach Reparaturen, bei denen die Bürstenbrücke entfernt worden ist, die neutrale Zone genau eingehalten oder eine geringe Verschiebung nur in der Drehrichtung vorgenommen wird. Größere Abweichungen aus der Neutralen können die Kommutierung nachteilig beeinflussen. Vorstehender Fall stellt den Selbstanlauf bei eingeschaltetem Höchststromschalter und ausgeschaltetem Handmagnetschalter dar. Wird jetzt der Handmagnetschalter für die Grunderregung eingelegt, so wird über die Widerstände f_{w0} und f_{w1} ein zusätzlicher Erregerstrom eingeschaltet, der den Selbstanlauf des Motors noch begünstigen muß. Um dieses zu verhindern, ist eine Sicherheitsschaltung, die sogenannte Selbstmordschaltung (strichpunktierter Leitungszug in Abb. 7), ausgebildet worden, die den remanenten Magnetisierungsstrom auf Gegenerregung schaltet und seine schädliche Wirkung aufhebt. Die Schaltung liegt in Abhängigkeit mit der Nullstellung des Steuerapparates, dem Feldschwächschütz des Walzmotors F_{s2} und dem Erregerkreis der Steuerdynamo. Der Stromkreis ist durch die Sicherungen Si geschützt, da bei falscher Polarität der Leitungen x, y die Sicherheit der Anlage nicht nur aufgehoben, sondern ins Gegenteil verkehrt wird.

E_D	Erregermaschine für Steuerdynamo	S_p	Sperrmagnet
E_M	Erregermaschine für Walzmotor	$Sp. R.$	Spannungsrelais
F_k	Feldschwächkontakt	S_s	Schleppschalter
F_s	Feldschwächschütz	$St.A.$	Steuerapparat
f_w	Feldschwachwiderstand	s_w	Schnellerregungswiderstand
f_{w_0}	fester Widerstand	v_w	Vorschaltwiderstand
p_w	Parallelwiderstand	w	Schnellerregungswiderstand
Si	Sicherung	P, N	110 V-Sammelschienen der Batterie
S_k	Sperrkontakt	P_1, N_1	110 V-Sammelschienen der Grunderregung

Abb. 7. Abhängigkeiten und Sicherheiten beim Anlassen des Walzmotors.

Abb. 8. Zeitlicher Verlauf der Drehzahlkennlinie.

A	Anlaßkontakte	E_D	Erregerspannung der Steuerdynamo
A_D	Erregerstrom der Steuerdynamo	E_M	Erregerspannung des Walzmotors
A_M	Erregerstrom des Walzmotors	F	Feldschwächkontakte
E_A	Ankerspannung		

Abb. 9. Kennlinien des Anlaßvorganges.

Die meßtechnische Überwachung der Leonard-Anlage ist in der meist gebräuchlichen Anordnung durchgeführt. Drehstromseitig erfolgt die Messung des Gesamtstromverbrauches durch den Kilowattstundenzähler, außerdem sind noch ein Stromzeiger und ein Leistungsschreiber vorgesehen. Auf die Leistungsschreiber wird man heute bei lebenswichtigen Antrieben nicht mehr verzichten. Die Meßstreifen dienen der Betriebsleitung zur Kontrolle der Lastspitzen, Blocktemperaturen, Walzpausen, Stillstände und Stückzahlen. Mit Hilfe eines größeren Papiervorschubes lassen sich Leistungsdiagramme erzielen, die eine genaue Abwicklung des Walzvorganges darstellen und Rückschlüsse auf eine möglichst günstige Kalibrierung zulassen. Auch geben sie durch Planimetrierung ein ein-

wandfreies Maß der aufgewendeten Arbeit. In der Abb. 10 ist die gesamte Meßanlage veranschaulicht. Gleichstromseitig war darauf zu achten, daß sowohl in der Schaltanlage als auch im Motorenhaus eine Überwachung des Walzvorganges möglich war. Meßgeräte für den Ankerstrom und die Ankerspannung sind daher an beiden Stellen eingebaut. Auch für den Betrieb ist die Stromaufnahme des Motors zur Vermeidung von Überlastungen von Wichtigkeit. Es wurde deshalb am Motorhaus ein vom Walzwerk gut sichtbarer Stromzeiger A_M vorgesehen, der zur Warnung durch eine rote Marke den zulässigen Höchst-

- A_1 Stromzeiger der Ankerleitung
- A_2 Strom d. Drehstr.-Motors M_D
- A_3 „ d. Grunderregung E_G
- A_4 „ d. Erregerwicklung von E_M
- A_5 Strom d. Erregerwicklung von E_D
- A_A Strom d. Ankerleitung im Motorhaus
- A_D Strom d. Hochspannungsseite
- A_E „ d. Walzmotorerregung
- A_M „ am Motorhaus
- D_D Drehzahldynamo
- Dr Drehzahlzeiger
- E Erde
- E_D Erregermaschine der Dynamo
- E_G Erregermaschine der Grunderregung
- E_M Erregermaschine des Walzmotors
- H_{sch} Handmagnetschalter
- $L.$-$Umf.$ Leonard-Umformer
- M Walzmotor
- M_D Antriebsmotor der Erregermaschinen
- N, P 110 V-Sammelschienen der Grunderregung
- R Nebenschlußregler
- $Sp.W.$ Spannungswandler
- $Str.W.$ Stromwandler
- V_1 Spannungszeiger der Ankerleitung
- V_2 Spg. d. Drehstrommotors M_D
- V_3 „ d. Grunderregung E_G
- V_A „ d. Ankerleitung im Motorhaus
- V_E Spg. d. Walzmotorerregung

Abb. 10. Anordnung der Meßgeräte.

strom kenntlich macht. In der Schaltanlage sind weiter vorhanden Strom- und Spannungszeiger für den Antriebsmotor des Erregerumformers und für die Grunderregung sowie Stromzeiger für den Magnetisierungsstrom der Erregermaschinen der Steuerdynamo und des Walzmotors. Im Motorhaus interessieren außer der Überwachung der Belastung noch Strom und Spannung der Feldwicklung (A_E, V_E) und die Drehzahl des Walzmotors. Letztere wird durch eine Drehzahldynamo D_D auf einem Drehzahlmesser Dr angezeigt. Der Antrieb der Dynamo erfolgt durch Riemenübertragung von der Welle des Walzmotors.

Die reibungslose Abwicklung des Betriebes ist von einer guten Verständigungsmöglichkeit zwischen den Steuerbühnen, den Motorhäusern und der Schaltanlage wesentlich abhängig. Einmal ist beim Anfahren und Stillsetzen eine richtige Aufeinanderfolge der Schaltungen notwendig, ferner muß in Störungsfällen ein gutes Handinhandarbeiten gewährleistet sein. Die Signalanlage einer Walzenstraße geht aus der Abb. 11 hervor. Die im Motorhaus befindliche Signaltafel steht mit der Steuerbühne des Walzwerks und der Schaltanlage durch Signallampen in Verbindung. Nach dem Schalthaus gehen je eine Leitung für „Anfahren" und „Stillsetzen", von denen durch die Umschalter U_{A_1}, U_{A_2} und U_{St_1}, U_{St_2} je 2 Lampen L_{A_1}, L_{A_2} und L_{St_1}, L_{St_2} betätigt werden. Die Lampen sind in Serie geschaltet und leuchten in jedem Stromkreis gemeinsam auf. L_{A_1} und L_{St_1} sind im Motorhaus, L_{A_2} und L_{St_2} in der Schaltanlage untergebracht. Ein weiterer Lampenstromkreis L_{s_1}, L_{s_2} dient zur Verständigung mit der Steuerbühne. Da hier keine wechselseitige Verständigung notwendig ist, ist zur Signalgabe lediglich ein Ausschalter A_s auf der Steuerbühne vorgesehen. Gleichzeitig mit dem Lichtsignal wird in jedem Falle ein akustisches Signal durch Preßluftpfeife bzw. Hupe übermittelt. Hupe H_1 befindet sich im Motorhaus, Hupe H_2 in der Schaltanlage; die Preßluftpfeife P in der Walzwerkshalle. Die Art der Verständigung geschieht wie folgt.

- A_M Ausschalter für L_M im Motorhaus
- A_s Ausschalter für L_{s_1} und L_{s_2} auf der Steuerbühne
- D_{H_1} Druckknopf für H_2 im Motorhaus
- D_{H_2} Druckknopf für H_1 in der Schaltanlage
- D_P Druckknopf für Preßluftpfeife im Motorhaus
- D_s Druckknopf für H_1 in der Schaltanlage
- H_1 Hupe Walzwerk
- H_2 Hupe Schaltanlage
- L_{A_1} grüne Signallampe für „Anfahren" im Motorhaus
- L_{A_2} grüne Signallampe für „Anfahren" in der Schaltanlage
- L_M grüne „Ein"-Lampe am Motorhaus
- L_{s_1} blaue Signallampe auf der Steuerbühne
- L_{s_2} blaue Signallampe für Steuerbühne im Motorhaus
- L_{st_1} rote Signallampe für „Stillsetzen" im Motorhaus
- L_{st_2} rote Signallampe für „Stillsetzen" in der Schaltanlage
- P Preßluftpfeife im Walzwerk
- U_{A_1} Umschalter für L_{A_1}
- U_{A_2} Umschalter für L_{A_2}
- U_{st_1} Umschalter für L_{st_1}
- U_{st_2} Umschalter für L_{st_2}

Abb. 11. Signalanlage.

A n f a h r e n d e r S t r a ß e. Eine Viertelstunde vor Schichtbeginn werden von der Schaltanlage Leonard- und Erregerumformer angelassen. Auf der Steuerbühne wird der Schalter A_s eingeschaltet und der Druckknopf D_s einmal gedrückt. Im Motorhaus erscheint das blaue Signallicht L_{s_1}, und es ertönt die Hupe H_1. Der Maschinist des Motorhauses hat hierauf den Druckknopf D_P für die Preßluftpfeife zu drücken (Schrägstraßen einmal, Pilgerstraße zweimal) und den Schalter A_M einzulegen, so daß die grüne Ein-Lampe L_M am Giebel des Motorhauses aufleuchtet. Jetzt wird der Schalter U_{A_1} eingeschaltet, so daß die grünen Signallampen L_{A_1} und L_{A_2} brennen und durch einmaliges kurzes Drücken des Druckknopfes D_{H_1} die Hupe H_2 der Schaltanlage betätigt. Erlischt das Licht und ertönt die Hupe H_1 einmal kurz, so hat die Schaltanlage das Signal verstanden und den Handmagnetschalter eingelegt. Der Motor kann angelassen werden.

S t i l l s e t z e n d e r S t r a ß e. Von der Steuerbühne ertönt Hupe H_1 zweimal kurz und blaues Lichtsignal erscheint im Motorhaus. Der Maschinist hat in gleicher Weise wie beim Anfahren die Preßluftpfeife zu betätigen und den Schalter A_M auszuschalten, so daß Lampe L_M erlischt. Außerdem sind durch den Umschalter U_{St_1} die roten Lampen L_{St_1} und L_{St_2} einzuschalten, und der Druckknopf D_{H_1} für die Hupe H_2 zweimal kurz zu drücken. Erlischt die Lampe und ertönt das Gegensignal, so hat der Schaltwarter das Signal verstanden. Die Erregung des Motors wird langsam abgeschaltet, sodann werden Leonard- und Erregerumformer stillgesetzt. Das Signal „Stillsetzen" wird nur

dann an die Schaltanlage weitergegeben, wenn auch die Umformer abgeschaltet werden sollen. Wird infolge Strommangels oder aus einem anderen Grunde vom Schalthaus das Zeichen zum Stillsetzen gegeben, so hat der Maschinist den Walzmeister sofort zu benachrichtigen, daß keine Blöcke mehr eingesetzt werden, und stillzusetzen, sobald das in der Straße befindliche Rohr verwalzt ist.

Bei eiligen Reparaturen ertönt von der Steuerbühne die Hupe H_1 dreimal kurz. Dieses Zeichen hat der Maschinist sofort mit der Preßluftpfeife weiterzugeben und in Abständen von 3 min zu wiederholen, bis der Betriebsmonteur erscheint. In Fällen der Gefahr, die ein sofortiges Stillsetzen der Straße erfordern, wird von der Steuerbühne die Hupe H_1 zehnmal kurz betätigt. Der Maschinist hat dann den Steuerapparat sogleich zurückzudrehen und zur Erzielung einer größtmöglichen Bremswirkung darauf zu achten, daß die Belastung des als Generator arbeitenden Walzmotors ein gewisses Maß nicht übersteigt. Würde sofort der Höchststromschalter abgeschaltet, würde das Auslaufen der Straße zu lange Zeit in Anspruch nehmen. Direktes Abschalten erfolgt nur bei sichtbar auftretenden Fehlern am Walzmotor.

Die Herstellerfirmen sind gezwungen, bei großen schnelllaufenden Gleichstrommaschinen die Segmentspannung bis auf das höchstzulässige Maß heraufzusetzen. Dieses ist oft die Ursache von Überschlägen an den Bürstenbolzen, die durch Unreinlichkeiten des Kommutators, Kohlenstaub usw., eingeleitet werden. Die Erfahrungen haben gezeigt, daß naßkaltes Wetter die Überschläge begünstigt. Diese Erscheinung ist unabhängig von der Belastung auch im Leerlauf der Maschinen aufgetreten. Nach längeren Stillständen und ungünstiger Witterung konnten die Überschläge häufig beobachtet werden; es wird deshalb heute darauf geachtet, daß die Temperatur des Maschinenhauses auch außer der Betriebszeit nicht wesentlich sinkt. Interessant ist die Tatsache, daß trotz der starken Rundfeuerentwicklung beim Überschlag die Zerstörungen im umgekehrten Verhältnis stehen. Durchweg sind nur einige Schmelzperlen an den Bürstenbolzen und Bürstenhaltern festzustellen und selten mehr als 6 Halter und Kohlen auszuwechseln. Im allgemeinen ist die Maschine nach Überholung in einer halben Stunde wieder betriebsfähig. Weitere Störungsursachen sind bisher in der Leonard-Anlage nicht aufgetreten. Es waren allerdings nach der Inbetriebnahme die üblichen Kinderkrankheiten zu überwinden, die aber durch geeignetes Kohlebürstenmaterial endgültig behoben sind. Daß die Kommutatoren der Steuerdynamos und Walzmotoren einer ständigen Revision unterzogen werden müssen, ist selbstverständlich. Das Anfressen des Kommutators, die sogenannte Riefenbildung, muß rechtzeitig beseitigt, verbrauchte Kohlen gegen neue ausgewechselt werden. Die zwischen den Kommutatorlamellen liegende Glimmerisolation muß von Zeit zu Zeit etwa 1 mm tief ausgefräst werden, da sie durch die auftretenden Temperaturunterschiede leicht hervortreten und die Kommutierung beeinträchtigen kann. Das Öl der Lager wird halbjährlich erneuert. Auch die gesamten Schaltorgane müssen in gewissen Zeitabständen gründlich überholt, gereinigt und eingefettet werden. Näher hierauf einzugehen, erübrigt sich.

Über das Verhalten absorbierter Luft beim Durchschlag flüssiger Isolierstoffe.

(Mitteilung aus dem Hochspannungsinstitut der T. H. Hannover.)

Von **F. Koppelmann**, Berlin.

Übersicht. Es wird gezeigt, daß die in flüssigen Isolierstoffen gelöste Luft unter dem Einfluß der Spannung an die Elektroden wandert und hier zum Teil vor dem Durchschlag, zum Teil unmittelbar nach einem Durchbruch ausfällt. Die an den Elektroden sich ansammelnde gelöste Luft spielt beim Zustandekommen des Durchbruchs eine wesentliche Rolle.

Im Laufe einer Arbeit über den Einfluß des Effektivwertes einer Wechselspannung auf den Durchbruch flüssiger Isolierstoffe[1] wurde eine Reihe von Beobachtungen gemacht, welche auf das Verhalten der in der Flüssigkeit gelösten Luft und auf ihre Bedeutung für den Durchbruch schließen lassen. Diese Beobachtungen sollen im folgenden mitgeteilt werden.

1. Beobachtungen über das Ausfallen von Blasen an den Elektroden bei Feldstärken weit unter der Durchbruch-Feldstärke[2].

Als Prüfgefäß diente ein zylindrisches dünnwandiges Glasgefäß von 40 mm Dmr. (Abb. 1), so daß die Vorgänge bei geeigneter Beleuchtung mit einer Lupe gut beobachtet werden konnten. Bei dem zuerst zu beschreibenden Versuch hatten die Elektroden einen Krümmungsradius von 2,5 mm und einen Abstand von 7 mm; sie bestanden aus Messing und waren hochglanzpoliert. Es wurde 60 cm^3 reines (mehrere Male durch geheizte Hartfilter filtriert), aber nicht entlüftetes Paraffinöl eingefüllt, der Druck auf 11 mmHg abs. verringert und sogleich eine Spannung von 10 kV_{eff} (50 Hz) angelegt.

Nach etwa 20 s erschien an beiden Elektroden eine ruhige Blasenentwicklung, welche nach einiger Zeit an der oberen Elektrode wieder verschwand und allein an der unteren bestehen blieb. In diesem Augenblick wurde die in Abb. 2 wiedergegebene Momentaufnahme gemacht. Man erkennt deutlich die zwischen den beiden Elektroden gegen den Hintergrund sich abhebenden Bläschen, welche an einer Stelle der unteren Elektrode scheinbar aus dem Elektrodenmetall hervorquellen und in traubenförmiger Zusammenballung dem Auftrieb folgend langsam aufsteigen. Nach einigen Minuten hörte die Blasenbildung auf, ohne daß die Spannung geändert wurde. Nach einer Weile setzte sie wieder ein, ohne daß die Spannung erhöht wurde. Nach einiger Zeit trat sie auch an der oberen Elektrode wieder auf.

Abb. 1. Prüfgefäß für 60 cm^3 Inhalt.

Im Laufe von etwa 10 min, während welcher die Erscheinung in unregelmäßigem Wechsel aussetzte und an verschiedenen Stellen der Elektroden wieder erschien, nahm die Blasenbildung stark ab und erschien nur noch selten. Nach Heraufsetzen der Spannung auf 20 kV_{eff} kam sie wieder häufiger, aber nicht mehr wie in Abb. 2 an den Elektrodenköpfen, wo die größte Feldstärke herrscht, sondern oft an Stellen der Elektrodenschäfte, welche mehrere Zentimeter von den Köpfen entfernt waren[3]. Zum Teil kamen die Bläschen jetzt auch explosionsartig hervor, d. h. sie wurden im Augenblick des Entstehens mit großer Gewalt von den Elektroden fort und in das Öl getrieben[4], zum Teil kamen sie in ruhiger Folge und bildeten wie in Abb. 2 traubenförmige Haufen, welche sich nur langsam, dem Auftrieb folgend, aufwärts bewegten.

Die beschriebene Erscheinung wurde im Laufe der sich über längere Zeit erstreckenden Versuche bei Paraffinölen verschiedener Herkunft sehr oft beobachtet, gelegentlich aber auch bei Hexan, welches mit Natrium getrocknet und in das Prüfgefäß destilliert wurde, also sehr rein war. Sie trat regelmäßig immer dann auf, wenn nicht entlüftetes Öl unter verminderten Druck (z. B. 11 mm Hg) gebracht wurde und dann so-

---

[1] F. Koppelmann, ETZ 1930, S. 1457. Ferner: Naturwissensch. Bd. 18, S. 333 (1930). Vgl. a. Untersuchungen an Hexan, Arch. El. Bd. 25, S. 779 (1931).

[2] Die ersten Beobachtungen dieser Erscheinung wurden im April 1929 gemacht, vgl. Naturwissensch. Bd. 18, S. 333 (1930).

[3] Bei einer Anordnung, bei der sich zwei abgerundete Platten von etwa 20 mm Dmr., welche an Messingstäben von 10 mm Dmr. befestigt waren, im Abstand von wenigen Millimeter gegenüberstanden, trat die Blasenentwicklung z. T. auf der Rückseite der Platten und an den Messingstäben auf, also an Stellen, an denen die Feldstärke sehr klein war.

[4] Dies deutet darauf hin, daß die ausfallenden Blasen unter Umständen erhebliche Ladungen tragen.

gleich Spannung an die Elektroden gelegt wurde, wenn also das Öl mit Luft stark gesättigt oder übersättigt war; nach Abschalten der Spannung hörte sie sofort auf. Ließ man die Spannung lange genug am Gefäß (um so länger, je größer die Ölmenge; bei 60 cm³ und 10 ... 20 kV_{eff} etwa 1 h), so wurde die Blasenentwicklung nach und nach schwächer und trat schließlich selbst bei Spannungen kurz vor dem Durchbruch nicht mehr auf. Hielt man jetzt das Prüfgefäß bei abgeschalteter Spannung längere Zeit (mehrere Stunden) unter vermindertem Druck, so blieb beim erneuten Unterspannungsetzen die Blasenentwicklung aus. Ließ man dagegen Luft (getrocknet oder auch ungetrocknet) von Atmosphärendruck in das Prüfgefäß ein und überließ es einige Zeit bei abgeschalteter Spannung sich selbst, so erschien beim erneuten Unterspannungsetzen die Blasenentwicklung bei herabgesetztem Druck wieder wie bei frischem Öl. Dieses Spiel ließ sich wiederholen, ohne daß man Veränderungen am Öl bemerken konnte.

Paraffinöl, nicht entlüftet. Druck 11 mm Hg abs., Elektrodenabstand 7 mm, Spannung 10 kV_{eff}. Momentaufnahme

Abb. 2. Blasenentwicklung bei Feldstärken weit unter der Durchschlag-Feldstärke.

Entlüftete man noch ungebrauchtes Öl vor dem Unterspannungsetzen durch Erhitzen und Umschütteln unter Druckverminderung (etwa auf 11 mm Hg) einige Minuten lang, so blieb die Blasenbildung von vornherein auch bei großen Feldstärken ganz aus.

Die beschriebene Blasenentwicklung wurde auch bei größeren Drücken, nämlich 100 ... 300 mm Hg, beobachtet. Die Bläschen waren dabei sehr viel kleiner und kamen erst bei höherer Spannung. — Bei Gleichspannung erschienen die Blasen in gleicher Weise wie bei Wechselspannung, teilweise an beiden Elektroden gleichzeitig, teilweise nur an der einen oder nur an der anderen. Ein Unterschied beider Polaritäten konnte nicht festgestellt werden.

Die Blasenbildung wurde bei Kupfer-, Zink-, Stahl- und Silberelektroden beobachtet. Sie war vom Elektrodenmetall und von der Elektrodenoberfläche (poliert oder nicht poliert) nicht abhängig.

Die Blasenbildung wurde auch bei der Anordnung Spitze—Platte bei Abständen bis 15 mm beobachtet[5]. Zum Teil kamen die Blasen an der Platte, zum Teil an der spitzen Elektrode, und zwar entweder an der Spitze selbst, wo die größte Feldstärke herrscht, oder auch an anderen, zum Teil 10 ... 20 mm entfernten Stellen der spitzen Elektrode, dies letztere besonders dann, wenn die Spannung bereits längere Zeit am Gefäß gelegen hatte und die Blasenbildung an den sich zunächst liegenden Stellen der Elektroden selten geworden war.

Fing man die entstehenden Bläschen in einem Winkel des Prüfgefäßes unter Öl auf, so kondensierten sie nicht, sondern behielten ihr anfängliches Volumen bei. Ließ man dagegen den Atmosphärendruck in das Gefäß ein, so wurden die Bläschen allmählich von der Flüssigkeit wieder aufgesaugt.

Man gewinnt aus den beschriebenen Beobachtungen den Eindruck, daß die in der Flüssigkeit gelöste Luft[6] unter dem Einfluß des elektrischen Feldes an die Elektroden wandert und hier in Form der beobachteten Blasen ausfällt. Bemerkenswert ist, daß die Erscheinung bei Gleichspannung sowohl an der positiven als auch an der negativen Elektrode auftrat. Welche Kräfte die Luft an die Elektroden ziehen, welche Vorgänge sich hier abspielen und zum Ausfallen der Luft führen, ist vorläufig noch nicht geklärt. Im folgenden soll zuerst eine Erscheinung beschrieben werden, welche mit der Blasenbildung vor dem Durchschlag in engem Zusammenhang steht.

2. Beobachtungen über das Ausfallen von Blasen an den Elektroden nach dem Durchbruch.

Bei allen Versuchen, bei denen Öl oder Hexan nicht entlüftet untersucht wurde, entstanden außer der Durchschlagblase nach dem Durchschlag bei vermindertem Druck (z. B. 11 mm Hg) an den Elektroden Schwärme von kleinen, langsam wachsenden, von der eigentlichen Durchschlagblase wohl zu unterscheidenden Bläschen. In Abb. 3 ist diese Erscheinung dargestellt, wie sie bei einem Versuch mit Gleichspannung besonders schön beobachtet wurde. Die benutzte Gleichrichteranlage bestand aus einem Glühventil, über welches ein Kondensator von 0,03 µF aufgeladen wurde. Das Prüfgefäß lag ohne Zwischenschaltung eines Wasserwiderstandes parallel zum Kondensator. Der Druck im Prüfgefäß betrug 11 mm Hg abs.; das Paraffinöl war trocken und hartfiltriert, aber nicht entlüftet. Die Temperatur betrug 20 °C, der Abstand der polierten Messingelektroden 1,3 mm, der Krümmungsradius 2,5 mm. Die Spannung wurde langsam, etwa mit 0,5 kV/s, gesteigert.

Bei 22 kV (170 kV/cm) erfolgte ein Druchbruch. Dabei entstand eine große den Elektrodenabstand überbrückende Durchschlagblase, wie sie in Abb. 3 a gezeichnet ist. (Eine solche Durchschlagblase entsteht bei jedem Durchbruch, u. zw. in ihrer ganzen Größe so plötzlich, daß man den Vorgang ihrer Entstehung nicht näher erkennen kann.) Diese Blase schob sich, während in ihrem Innern eine Entladung (Glimmen) im Gange war, langsam zur Seite. Gleichzeitig entwickelten sich auf der ganzen Oberfläche der stabförmigen Elektroden winzig kleine Bläschen (Abb. 3 b). Die Spannung wurde jetzt, etwa eine halbe Sekunde nach dem Durchbruch, abgeschaltet. Die Durchschlagblase löste sich von den Elektroden ab und stieg, dem Auftrieb folgend, zur Oberfläche auf (Abb. 3 c). Die anfangs winzig kleinen Bläschen an den Elektroden wuchsen, unbekümmert darum, daß die Spannung abgeschaltet war, im Laufe mehrerer Sekunden stetig an (Abb. 3 d, e) und bildeten schließlich eine dichte, die Elektroden auf der ganzen Länge einhüllende Wolke.

a b c d e

Druck 11 mm Hg abs. Elektrodenabstand 1,3 mm Gleichspannung 22 kV

Abb. 3. Durchschlag von nicht entlüftetem Paraffinöl. Bläschenbildung nach dem Durchschlag.

Die Erscheinung ließ sich bei wiederholten Durchschlägen mehrere Male beobachten. Allmählich nahm aber die Menge und Größe der entstehenden Bläschen ab, und nach etwa 20 Durchschlägen blieben sie fast ganz aus, so daß außer der Durchschlagblase, welche immer noch in der gleichen anfänglichen Größe auftrat, nur noch wenige Bläschen nach dem Durchbruch entstanden. Überließ man das Prüfgefäß jetzt, ohne den Atmosphärendruck einzulassen, sich selbst, so erschienen diese Bläschen auch nach mehreren Stunden beim erneuten Unterspannungsetzen nach einem Durchbruch ebenso spärlich. Ließ man jedoch Luft von Atmosphärendruck in das Gefäß ein und überließ es einige Stunden sich selbst, so erschien nach jedem Durchbruch die Bläschenwolke wieder in derselben Stärke wie bei frischer, nicht entlüfteter Flüssigkeit. Entlüftete man das Öl oder Hexan vor einem Versuch durch Erhitzen und Umschütteln im Vakuum, so kamen von Anfang an außer der Durchschlagblase nur sehr wenige Bläschen.

Wie schon gesagt, lag das Prüfgefäß ohne Zwischenschaltung eines Wasserwiderstandes parallel zu einem Kondensator von 0,03 µF, welcher über ein Glühventil auf-

[5] Vgl. eine demnächst im Arch. El. erscheinende Arbeit.
[6] Es wäre auch denkbar, daß nur der Sauerstoff oder nur der Stickstoff der Luft an der Erscheinung beteiligt ist.

geladen wurde. Bemerkenswert ist folgendes: Wurde das Prüfgefäß nicht direkt, sondern unter Zwischenschaltung eines Wasserwiderstandes von etwa 150 000 Ω an den Kondensator gelegt, so erschien zwar die Bläschenwolke in derselben Weise wie in Abb. 3, sie blieb aber im Gegensatz zu Abb. 3 auf die Nähe der Elektrodenköpfe beschränkt, während an den weiter entfernten Teilen der Elektrodenschäfte sich keine Blasen entwickelten.

Schaltete man nach einem Durchbruch die Spannung schnell ab und ließ Atmosphärendruck in das Gefäß ein, so wurden die entstandenen Bläschen in wenigen Sekunden vom Öl wieder aufgesaugt.

Diese Blasenbildung nach einem Durchbruch zeigte sich in gleicher Weise auch bei Wechselspannung. Sie wurde bei allen untersuchten Elektrodenmetallen (Messing, Zink, Kupfer, Stahl und Silber) beobachtet, bei verschiedenen Elektrodenformen und -abständen. Sie trat gerade so wie die Blasenbildung vor dem Durchschlag auch bei Hexan auf. Nur ging bei Hexan das in Abb. 3 dargestellte Anwachsen der Bläschen schneller vor sich als bei Öl (bei Hexan etwa in 0,5 s, bei Öl in 2 s).

Bei den Versuchen der eingangs erwähnten Arbeit wurden mit einer Füllung stets viele Durchschläge gemessen. Dabei trat immer, wenn nicht entlüftetes Öl unter vermindertem Druck, z. B. 11 mm Hg, untersucht wurde, anfangs die Blasenbildung vor dem Durchschlag auf, und gleichzeitig war die Blasenbildung nach dem Durchschlag kräftig. Im Laufe der ersten Durchschläge, welche unter einem weichen, kaum hörbaren Knall erfolgten, nahmen beide Erscheinungen an Stärke ab. Die Blasenentwicklung vor dem Durchschlag versiegte schon nach wenigen Durchschlägen ganz, während sie nach dem Durchschlag erst im weiteren Verlauf des Versuches schwächer und schwächer wurde, so daß schließlich außer der Durchschlagblase, welche immer in derselben Größe wie zu Beginn des Versuches, aber im Gegensatz zu den ersten Durchschlägen jetzt unter einem scharfen, schneidenden Knall entstand, sich nur noch wenige Bläschen entwickelten. Überließ man jetzt, nachdem Luft von Atmosphärendruck in das Gefäß eingelassen war, das Öl einige Stunden sich selbst, so zeigten sich beim erneuten Unterspannungsetzen beide Erscheinungen wieder wie bei frischem Öl.

Paraffinöl. Druck 11 mm Hg abs., Elektrodenabstand 2.2 mm

1) Umschütteln unter Vakuum 2) Umschütteln bei Atmosphärendruck 3) Einsetzen einer frischen Elektrode

Abb. 4. Einfluß gelöster Luft auf die Höhe der Durchschlagspannung.

Diese Beobachtungen bestärken die schon oben ausgesprochene Vermutung, daß die im flüssigen Dielektrikum absorbierte Luft unter dem Einfluß des elektrischen Feldes an die Elektroden wandert, und daß sie sich in den unmittelbar an den Elektroden anliegenden Schichten zusammendrängt. Zum Teil, wenn nämlich die Flüssigkeit sehr stark mit absorbierter Luft gesättigt oder übersättigt ist, fällt sie in der beschriebenen Weise schon vor dem Durchbruch aus. Viel reichlicher kommt sie aber unmittelbar nach einem Durchschlag hervor, u. zw. bei heftigen Entladungen (ohne Begrenzung durch einen Wasserwiderstand) nicht nur an den Elektrodenköpfen, wo die Durchschlagblase entsteht, sondern auf der ganzen Länge der Elektroden, an Stellen, welche bis zu 6 cm von dem eigentlichen Ort des Durchbruchs entfernt sind (Abb. 3). Dies deutet darauf hin, daß der Durchschlag mit Vorgängen verknüpft ist, welche nicht auf die Elektrodenköpfe, wo die Durchschlagblase entsteht, beschränkt sind, sondern sich auf die ganze Elektrodenoberfläche erstrecken. Genau sind diese Vorgänge nicht bekannt, es drängt sich aber die Vorstellung auf, daß im ersten Augenblick des Durchschlags im Öl Ladungen längs der ganzen Elektrodenoberfläche gleiten.

Daß die nach dem Vorhergehenden vor dem Durchbruch in den Elektrodenschichten sich anhäufende gelöste Luft für den Durchbruch nicht ohne Bedeutung ist, sondern ihn entscheidend beeinflußt, sei durch den folgenden Versuch bewiesen[7].

[7] Zur Zeit der Ausführung dieser Versuche war über den Einfluß gelöster Luft auf den Durchbruch wenig in der Literatur bekannt. Inzwischen sind einige Arbeiten erschienen: Edler u. Knorr, Forschungshefte d. Studiengesellschaft f. Höchstsp. H. 2, 1930; ferner Inge u. Walther, Arch. El. Bd. 23, S. 297 (1930); ferner: Edler, Arch. El. Bd. 25, S. 447 (1931); Hehlgans, Z. techn. Phys. Bd. 10, S. 636 (1929).

3. Einfluß der absorbierten Luft auf die Höhe der Durchbruch-Feldstärke.

Reines, noch nicht elektrisch beanspruchtes Paraffinöl wurde im Wasserbad bei 11 mm Hg unter Umschütteln auf 100 ° C erwärmt und dann 3 h unter diesem Druck gehalten. Bei Beginn des Versuches wurde es schnell in das Prüfgefäß gefüllt und das Gefäß sogleich wieder auf 11 mm Hg evakuiert. Beim Anlegen von Spannung blieb die Blasenentwicklung vor dem Durchschlag aus. Das Öl hatte also bei der Vorbehandlung einen Teil der in ihm gelösten Luft abgegeben, so daß — und das war der Zweck der Vorbehandlung — keine vor dem Durchbruch im Feld zwischen den Elektroden entstehenden Gasblasen die folgenden Messungen der Durchbruch-Feldstärke störten. Es wurden jetzt bei Spannungsteigerung von 1,8 kV_{max}/s die in Abb. 4 aufgetragenen Durchbruch-Feldstärken gemessen. Der Elektrodenabstand betrug 2,2 mm, der Krümmungsradius 2,5 mm. Die Elektroden bestanden aus Kupfer und waren poliert. Die Temperatur des Öles betrug 20 ° C, der Druck im Prüfgefäß während der Messung 11 mm Hg absolut. Vor dem Prüfgefäß lag ein Wasserwiderstand[8] von 3 MΩ. Die Durchschläge wurden wie bei allen Versuchen der oben erwähnten Arbeit abwechselnd mit Spannungen verschiedener Kurvenform gemacht, was hier aber nicht weiter interessiert[9]. Man sieht, daß die Festigkeit[10] im Laufe der Durchschläge von etwa 250 auf 350 kV_{max}/cm anstieg. Die Blasenbildung nach dem Durchschlag war dabei infolge der Vorbehandlung nur gering, die Bläschen waren sehr klein und außerdem auffallend träge, als wenn das Öl sehr zähflüssig wäre. Bei 1) wurde das Öl im Gefäß, ohne Luft einzulassen, kräftig umgeschüttelt. Das Umschütteln hatte keinen nachteiligen Einfluß auf die Höhe der Durchbruch-Feldstärke, vielmehr stieg sie bei den anschließend wieder bei 11 mm Hg gemessenen Durchschlägen weiter bis auf etwa 350 kV_{max}/cm an. Bei 2) wurde das Öl im Gefäß abermals, u. zw. in der gleichen Weise wie bei 1) umgeschüttelt, nur mit dem Unterschied, daß jetzt vorher über ein Chlorkalziumrohr Luft von Atmosphärendruck eingelassen war. Darauf wurde der Druck wieder auf 11 mm Hg verringert und in gleicher Weise wie vor dem Umschütteln mit den Durschlägen fortgefahren. Man sieht, daß die Festigkeit jetzt infolge des Umschüttelns etwa auf den Wert, den sie zu Beginn des Versuches hatte, gesunken war. Gleichzeitig trat jetzt die Blasenbildung nach dem Durchschlag mit derselben Stärke wie bei frischem, nicht entlüftetem Öl auf. Im Gegensatz zu den Durchschlägen vor dem Umschütteln bei 2) waren die Bläschen jetzt leicht beweglich, als wenn das Öl durch das Umschütteln flüssiger geworden wäre.

Nach 2) stieg die Festigkeit in derselben Weise wie zu Beginn des Versuches wieder langsam an. Dieses Ansteigen ist (ebenso wie bei den ersten 140 Durchschlägen) nach allem vorhergehenden darauf zurückzuführen, daß die beim Umschütteln (bzw. Einfüllen in das Prüfgefäß) aufgenommene Luft im Laufe der Durchschläge allmählich ausgeschieden wird.

Bei 3) wurde zum zweiten Male Luft in das Gefäß eingelassen und eine frische, aber der alten genau gleiche Elektrode eingesetzt. Das Auswechseln geschah so schnell wie möglich, das Öl wurde dabei nicht umgeschüttelt. Trotzdem zeigte sich auch jetzt bei den anschließend bei 11 mm Hg gemessenen Durchschlägen bei verstärkter Blasenbildung nach dem Durchbruch die Festigkeit wieder deutlich verringert, u. zw. auf etwa denselben Wert wie zu Beginn des Versuches.

Aus diesem Versuch folgt, daß die in der Flüssigkeit gelöste, nach allem vorhergehenden an die Elektroden wandernde und sich hier anhäufende Luft[11] für das Zustandekommen des Durchbruchs von wesentlicher Bedeutung ist. Im einzelnen sind die Vorgänge an den Elektroden nicht

[8] Ohne den Wasserwiderstand würden das Öl und die Elektroden durch die Durchschläge zu sehr verbrennen und die Festigkeit absinken, so daß der Einfluß der gelösten Luft nicht erscheinen würde.

[9] Der stark ausgezogene Linienzug in Abb. 4 bezieht sich auf eine stumpfe, der schwach ausgezogene auf eine spitze Spannungskurve; vgl. ETZ 1930, S. 1457.

[10] Der Einfachheit halber hier nur als Quotient aus Durchbruchspannung und Elektrodenabstand aufgetragen, also unter Vernachlässigung der Krümmung.

[11] Oder einer ihrer Bestandteile, z. B. der Sauerstoff oder der Stickstoff.

bekannt. Es scheint aber, daß der Durchbruch infolge einer Zersetzung des Dielektrikums zustandekommt, welche sich vor dem Durchschlag in den mit Luft angereicherten Schichten an den Elektroden vorbereitet[12].

[12] Im Laufe von Versuchen mit Hexan wurde festgestellt, daß der optische Brechungsexponent von Hexan im Laufe wiederholter Durchschläge größer wird, und zwar um 3 ... 4 Einheiten der 4. Dezimale. Das Anwachsen des Brechungsexponenten deutet auf eine Abnahme des Wasserstoffgehaltes im Molekül hin. Danach müßte die Durchschlagblase vorwiegend aus Wasserstoff bestehen, was auch tatsächlich der Fall ist.

Interessant sind in diesem Zusammenhang Untersuchungen von Becker (Wiss. Veröff. Siem.-Konz. Bd. 5, S. 160 [1926]). Er füllte ein Siemens-Ozonrohr mit gewissen flüssigen Kohlenwasserstoffen (z. B. Paraffinöl) und leitete durch die Flüssigkeit Stickstoff, welcher bei vermindertem Druck unter dem Einfluß eines elektrischen Feldes mit der Flüssigkeit einen Schaum bildete. Nach einiger Zeit zeigte das Spektrum der aus dem Ozonrohr geführten Gase Wasserstoff. Ohne Zweifel war eine Zersetzung eingetreten. Die Zersetzung trat nur ein, wenn gewisse Gase, z. B. Stickstoff, über der Flüssigkeit vorhanden waren. Diese Bedingung ist in unserem Fall erfüllt, wo allerdings die Gase nur in gelöstem Zustand vorhanden, dafür aber auch die Feldstärken 10 ... 50 mal so groß sind wie bei den Versuchen von Becker.

Die im vorstehenden beschriebenen Versuche wurden von der Hannoverschen Hochschulgemeinschaft in dankenswerter Weise durch Beschaffen von Apparaten unterstützt.

Die Auswertung von Belastungsgebirgen für die Untersuchung von Speicherungsfragen.

Von Dr.-Ing. **Ludwig Musil**, Berlin.

Übersicht. Im Anschluß an verschiedene neuere Veröffentlichungen wird eine Auswertung von Belastungsgebirgen durch Aufzeichnung von Linien gleicher Tagessummenarbeit gezeigt, die sich zur Untersuchung von Speicherungsfragen eignen dürften.

Ludin hat in einem interessanten Aufsatz[1] die in Arbeiten von Ascher[2] und Schneider-Wolf[3] behandelte topographische Darstellung von Belastungsgebirgen weiter ausgebaut und auf den Wert von Leistungssummenlinien für energiewirtschaftliche Untersuchungen hingewiesen. Es sei im nachstehenden eine andere Darstellung besprochen, welche besonders für die Untersuchung von Speicherungsfragen von Wert sein dürfte.

Abb. 1. Jahresbelastungsdiagramm und Energie-Anfallskurve mit eingezeichneten Arbeitsummenlinien.

Man ermittelt zunächst wie bei Ludin die Arbeitssummenlinien der einzelnen Tage und trägt nun in einem Diagramm über das Jahr als Abszisse Punkte mit gleichem Arbeitswert auf, die man dann durch Linien verbindet. Man erhält auf diese Weise das in Abb. 1 dargestellte Niveauliniendiagramm, dessen Anwendung an einem Beispiel gezeigt werden soll.

Es sei ein Laufkraftwerk angenommen, dessen mittlerer Energieanfall in der Abbildung gestrichelt eingetragen ist. Im Winterhalbjahr muß Energie von anderer Seite zugeliefert werden, da die Erzeugung des Wasserkraftwerks nicht ausreicht. Es wäre nun der Nutzen der Pumpspeicherung für diesen Fall zu untersuchen. Hierzu ist neben der Festlegung der Leistung und Kapazität des Speicherwerks noch die Ermittlung der gespeicherten Jahresarbeit sowie der Maximalleistung und kWh-Zahl der Zulieferung notwendig, die mit Hilfe des Niveauliniendiagramms durchgeführt werden kann.

Es sei ein bestimmter Tag herausgegriffen (D). An diesem Tage beträgt der maximale Leistungsbedarf 227 000 kW (Strecke A—D), die Tagesenergieabgabe kann im Punkt D mit 3 Mill kWh abgelesen werden. Die zur Verfügung stehende Wasserkraftleistung ergibt sich zu 81 000 kW (Strecke C—D), die als über 24 h konstant angesehen werden kann, so daß $81\,000 \cdot 24 = 1\,940\,000$ kWh je Tag aus der Wasserkraft erzeugbar sind. Die verwertbare Arbeit erhält man aus der Differenz der Niveaulinienwerte in C und D zu $3{,}0 - 1{,}25 = 1{,}75$ Mill kWh. Für die Pumpspeicherung würde also ein Überschuß an hydraulischer Energie von $1{,}94 - 1{,}75 = 0{,}19$ Mill kWh zur Verfügung stehen. Setzt man den Wirkungsgrad der Pumpspeicherung mit 0,6 ein, so stellt sich die an diesem Tage durch Pumpspeicherung verwertbare Abfallenergie auf 115 000 kWh. Durch Interpolieren zwischen den eingezeichneten Niveaulinien erhält man für 115 000 kWh den Punkt B und in der Strecke A—B mit $227\,000 - 170\,000 = 57\,000$ kW die an diesem Tage notwendige Höchstleistung des Pumpspeicherwerks. Die Zulieferung von anderer Seite beträgt $1\,250\,000 - 115\,000 = 1\,135\,000$ kWh.

In gleicher Weise kann man auch für die andern Tage diese Zahlen bestimmen. Die Bemessung des Speicherinhalts ergibt sich aus einer größten zu speichernden Tagesenergiemenge von 210 000 kWh, die Speicherleistung als größte Ordinate der senkrecht schraffierten Fläche. Die aus der Wasserkraft zu speichernde Energie zeigt der strichpunktiert ausgezogene Linienzug. Aus dem Diagramm läßt sich z. B. auch leicht ermitteln, wieviel Kilowattstunden Fremdstrom unter voller Ausnutzung der Speicherkapazität gespeichert werden können, falls die Bedingungen für die Ladestromlieferung günstig sind. Die Tages-kWh sind in der Abb. 2 aufgetragen, aus der durch Planimetrieren die Jahreswerte gefunden werden können.

Abb. 2. Diagramm zur Ermittlung der jährlich gespeicherten Energiemenge und der Fremdlieferung.

Das Niveauliniendiagramm vermittelt nicht nur die für die Wirtschaftlichkeit eines Speicherwerks maßgebenden Größen, sondern gibt auch ein Bild über den Betriebsplan. In ähnlicher Weise können Untersuchungen über hydraulische Speicherkraftwerke mit natürlichem Zufluß und andere energiewirtschaftliche Aufgaben durchgeführt werden.

[1] ETZ 1931, S. 893.
[2] ETZ 1931, S. 12.
[3] ETZ 1931, S. 235.

Die Isolation von Großtransformatoren hoher Spannung.

Von **Walter Kehse**, Bensheim a. d. B.

Übersicht. Es soll ein Vergleich der europäischen und amerikanischen Isolationen gegeben werden. Weiter soll an Hand eines Beispiels gezeigt werden, wie sich die in Amerika verwendeten größeren Kupfermengen auf den Preis und im Betrieb des Transformators auswirken.

Die Leistung eines Transformators hängt in hohem Maße von der Ausfüllung der Kreisfläche der Schenkel ab. Während man noch vor rd. 3 ... 4 Jahren mit einer Ausfüllung von 70% zufrieden war, ist es jetzt gelungen, bei Verwendung von 0,5 mm-Blech und durch Ersatz der Papierbeklebung durch Lackierung der Bleche eine Ausfüllung von 80% und mehr zu erreichen. Diese 10% Mehrausfüllung bedeuten ein mindestens 10% geringeres Kupfergewicht. Dabei ist die runde Spule noch keineswegs das Ideal, durch eine geringe Abänderung wäre noch mehr zu erreichen.

Abb. 1. Äußere Isolation.

Weitere Ersparnisse wurden dadurch gemacht, daß die Abstände von Niedervolt- zu Hochvoltkupfer in radialer Richtung und der Abstand vom Kupfer zum Joch verkleinert wurden. Während es z. B. früher für 110 kV üblich war, den Abstand von HV-Kupfer zu NV-Kupfer 80 bis 90 mm und den von Kupfer zu Joch 250 mm zu nehmen, sind jetzt die entsprechenden Abstände 70 bzw. 140 mm (siehe Abb. 1). Hierdurch werden in der Kernlänge allein 200 mm gewonnen. Dies ist nicht nur im Interesse der Eisenersparnis, sondern vor allen Dingen hinsichtlich der Bauhöhe des Transformators von Wichtigkeit. Die Verkleinerung der Abstände wurde ermöglicht durch die Verwendung von Winkelringen und durch den Einbau mehrerer dünner Zylinder zwischen HV- und NV-Kupfer. Abb. 2 zeigt einen solchen Spulenaufbau für 110 kV Betriebspannung. Die Verwendung der Winkelringe geht wohl auf amerikanische Einflüsse zurück.

Ein grundsätzlicher Unterschied zwischen amerikanischen und europäischen Ausführungen ist in der inneren Isolation, d. h. der Isolation der Leiter vorhanden. Während Amerika nur die Eingangspulen stark isoliert, ist es in Europa, so weit mir bekannt, üblich, die ganze Wicklung durchgehend stark zu isolieren. Wie aus den unten folgenden Zahlentafeln hervorgeht, ist für 110 kV Betriebs- und 230 V Prüfspannung die doppelseitige Isolationsdicke der Leiter einer amerikanischen Firma:

in den Eingangspulen 3,08 ... 1,4 mm, den Hauptwindungen 0,81 mm:

Eine europäische Großfirma gibt 2,2 mm durchgehend für die ganze Wicklung an. Hierin liegt ein gewaltiger Unterschied im Platzbedarf für die Isolation. Sieht man von den wenigen Eingangspulen ab, so erhält man folgendes Bild:

10 000 kVA — 110 kV Drehstrom — 52,5 A

Amerika	$\frac{52,5}{2,5} \approx 21$ mm²,	Europa $\frac{52,5}{4} \approx 13$ mm²
angen. Querschnitt	3×7 3,8×7,8	2×6,5 blank 4,2×8,7 isoliert
Platzdebarf	rd. 30 mm²	36,9 mm²

Die in Amerika übliche Stromdichte beträgt etwa 2,5, während in Europa etwa 4 A/mm² üblich ist. Das rohe Beispiel zeigt, daß trotz der geringeren Stromdichte die Amerikaner den gleichen Platzbedarf für die Wicklung haben. Durch Vergleich von deutschen und amerikanischen Wicklungsangaben habe ich gefunden, daß die amerikanischen Transformatoren bei größeren Leistungen etwa 2mal, bei kleineren Leistungen bis etwa 2½mal so viel Kupfer enthielten wie die deutschen, bei annähernd gleicher Eisenmenge. Die Gründe hierfür liegen im Preise, bei uns soll der Transformator so billig wie möglich werden, Amerika wünscht einen möglichst hohen Wicklungsgrad. Infolge der geringeren Kupferverluste haben es die Amerikaner wesentlich leichter mit der Überführung der Wärme an das Öl, auch wird der Ölkasten für selbstkühlende Typen wesentlich kleiner in der Oberfläche, daher billiger.

Wie sich die größere Kupfermenge auf den Transformatorpreis und im Betrieb auswirkt, zeigt folgendes **Beispiel:**

Transformator 10 000 kVA — 110 kV; der europäische Transformator hat etwa 12 000 kg Eisen, 1800 kg Kupfer, der amerikanische Transformator etwa 12 000 kg Eisen und 3000 kg Kupfer.

Abb. 2. Spulenaufbau für 110 kV-Transformator.

Die Stromdichten sind hierbei 4 bzw. 2,4 und die Kupferverluste rd. 70 bzw. 42 kW, die Eisenverluste seien in beiden Fällen gleich, so daß sich 110 bzw. 82 kW Gesamtverluste ergeben. Nehmen wir an, daß die Preise ohne Kessel und Öl etwa 2 × Eisengewicht + 6,5 × Kupfergewicht betragen, was ziemlich annähernd richtig sein wird[1], so erhalten wir 24 000 + 11 700 = 35 700 für den europäischen und 24 000 + 19 500 = 43 500 RM für den amerikanischen Transformator.

Der amerikanische Transformator hat dauernd 28 kW weniger Verlust. Nimmt man an, daß der Transformator ½ Jahr lang ungefähr voll belastet ist, und kostet die kWh etwa 3 Pf, so erspart der amerikanische Transformator im Jahr etwa 4380 · 28 · 0,03 = 3680 RM, während die Preisdifferenz 7800 RM beträgt; diese würde sich in annähernd 2 Jahren bezahlt machen. In 10 Jahren, nach Abschreibung der Preisdifferenz, würde sich ein Gewinn von rd. 29 000 RM ergeben. In Amerika werden bekanntlich die Transformatoren so hoch wie möglich belastet, d. h. sie werden so hoch belastet, bis die eingebauten Thermometer die Höchstgrenze der Erwärmung zeigen. Würden in dieser Weise die Transformatoren das ganze Jahr hindurch voll be-

[1] Ohne Kosten der Isolation.

lastet, so wäre der Gewinn noch größer, da in einem Jahre dann 7360 RM, also fast die volle Differenz der Transformatorenpreise erfaßt würde und sich nach 10 Jahren nach Abzug der Preisdifferenz ein Plus von 10 · 7360 — 7800 = 65 800 RM ergeben würde; der Transformator macht sich also schon durch die Differenz von 28 kW Verlust vollkommen bezahlt. Auf lange Sicht ist zweifellos der Mehraufwand an Kupfer sehr vorteilhaft.

Ich lasse nun einige Isolationsangaben folgen:

A. Amerikanische Daten[2]:

1. Festigkeit der Isolation zwischen 2 Windungen.

Doppelte Isolationsdicke:

0,5	1,0	1,5	2,0	3	4	5	6	7	8 mm

Prüfspannung in kV, 1 min.:

8	20	29	36	50	64	76	88	100	110

Die Isolation besteht aus einer Papierbewicklung und einer Lage Baumwolle von doppelseitig 0,07 mm.

Die Wicklung ist mit Lack getränkt und in Transformatorenöl ausgekocht — gültig für 20 ° C. Für 80 ° C bzw. 100 ° C ist von 10 bzw. 15 % höherer Spannung auszugehen. Werden die mit Lack getränkten Spulen in Luft (also nicht in Transformatorenöl) geprüft, so sind nur ⅔ der angegebenen Werte zu nehmen.

Zeitkorrektur zu 1.

Zeit in Sek. bzw. Min.:	1″	3″	5″	10″	20″	30″	1′	2′	5′	10′	30′	60′
Koeffizient:	0,63	0,74	0,78	0,85	0,9	0,93	1	1,05	1,25	1,65	1,23	1,36

2. Dicke der zweiseitigen Spulenisolation in mm.

Transformator-Prüfspannung in kV	Eingangspulen I.	Eingangspulen II.	Eingangspulen III.	Hauptwindungen	Zwischenlage I.	Zwischenlage Hauptwicklungen
bis 31	0,305			0,31		
„ 51	0,46			0,31		
„ 75	0,61			0,31		
„ 101	0,91			0,46		
„ 147	1,68 + 0,18 Bw.			0,46 + 0,18 Bw.	0,5	0,25
bis 161	1,68			0,63	0,5	0,25
„ 231	2,9	1,22		0,63	0,75	0,37
„ 281	2,9	1,68		0,76	0,75	0,37
„ 301	4,4	1,68	1,22	0,76	1,0	0,37
„ 381	4,4	4,4	1,68	0,91	1,0	0,37
„ 461	5,9 + 0,18 Bw.	5,9 + 0,18 Bw.	2,90 + 0,18 Bw.	1,07 + 0,18 Bw.	1,2	0,37

[2] Bezüglich der äußeren Isolation wird auf die Kurven Abb. 1 verwiesen.

B. Europäische Daten:

Transformator-Prüfspannung in kV	2seitige Isolation aus Papier + 2 × Bw.	Transformator-Prüfspannung in kV	2seitige Isolation aus Papier + 2 × Bw.
bis 42	0,8 (durchgehende Isolation der Leiter)	bis 190	2,0 (durchgehende Isolation der Leiter)
„ 60	1,0	„ 245	2,2
„ 85	1,2	„ 305	2,5
„ 120	1,5	„ 400	3,0
„ 155	1,8		

Die Stoßfestigkeit der Eingangspulen der amerikanischen Windungsisolation, auf Grund von A. 1. u. 2. nachgerechnet, ist eine sehr hohe. Als **Beispiel** soll ein Transformator für 220 kV betrachtet werden, der hochvoltseitig in Stern geschaltet ist.

$U = 220$ kV — je Phase 127 kV —, Überspannung 4fach, also Höhe der einziehenden Welle 508 kV.

Für die I. Eingangspule für 461 kV Transformator-Prüfspannung ergibt Zahlentafel A. 2.: $5{,}9 + 0{,}18 \approx 6{,}1$ mm für die Dicke der Windungsisolation. Hierzu gehört nach A. 1. eine Isolationsfestigkeit von 89 kV für 1 min oder von $89/0{,}63 = 141$ kV für 1 s. Die 508 kV würden mithin ohne Schaden von 3,6 Windungen aufgenommen werden. Bei Annahme der Länge einer Windung von 3 m würde der Spannungsanstieg $508/3{,}6 \cdot 3 = 47$ kV/m betragen, also einer ziemlich steilen Wellenstirn gewachsen sein. Es wurde der Wert für 1 s nachgerechnet, der Ablauf der Welle würde nur einen verschwindenden Bruchteil einer Sekunde in Anspruch nehmen, so daß bei 508 kV volle Sicherheit gegen Durchschlag besteht.

Beitrag zur Korrosion von Bleikabeln.

(Mitteilung aus der Chemisch-Technischen Reichsanstalt, Abteilung für Metallchemie und Metallschutz.)

Von **G. Garre**, Berlin.

An einem im Erdboden verlegten Kabel war eine Störung aufgetreten. Bei der Beseitigung des Fehlers wurde ein Stück zur Feststellung der Ursache herausgeschnitten. Das Kabel lag bereits 16 Jahre im Erdboden.

Die Umwicklung der Eisenbandarmierung war sehr brüchig und zum Teil abgefallen. Das Eisenband selbst zeigte starke Anrostungen, doch war es nicht zerstört. Auf der darunter liegenden Juteschicht waren keine sichtbaren Fehler zu erkennen. Der Bleimantel wies auf der Außenseite kleine, unregelmäßig angeordnete, angefressene Stellen mit weißlichen Korrosionsprodukten auf. Durchlöcherungen waren nicht eingetreten. Die Oberfläche des Bleis war matt und etwas angerauht. Auf der Innenseite des Bleimantels besaß das Blei noch die ursprüngliche blanke und glatte Oberfläche. Irgendeine Korrosion war nicht festzustellen.

Das Blei war reines Blei mit Spuren von Antimon. Durch die metallographische Untersuchung wurde nachgewiesen, daß das Gefüge nicht grobkörnig ist. Es wurde weiter kein Anhalt dafür gefunden, daß das Antimon im Blei ungünstig verteilt ist, so daß es eine schädliche Wirkung entfalten konnte. Das Bleimaterial ist demnach für die Korrosion nicht verantwortlich zu machen.

Es wurde daher weiter geprüft, welche Einflüsse hierfür in Frage kommen konnten. In den Kreis der Untersuchung hineinbezogen wurden das auf dem Bleimantel liegende Papier, die Juteschicht, die Korrosionsprodukte auf dem Bleimantel, der Erdboden und die Umwicklung der Kupferadern unter dem Mantel.

Der wäßrige Auszug aus dem imprägnierten Papier und der darüber befindlichen Juteschicht reagierte stark sauer. Diese Reaktion ist auf die Gegenwart von Phenol zurückzuführen. Weiter konnten Eisen und Spuren von Chlor nachgewiesen werden. Es läßt sich allerdings nicht mehr entscheiden, ob das Papier schon von Anfang an phenolhaltig war oder ob es nachträglich aus der Juteschicht Phenol aufgenommen hat.

Die Korrosionsprodukte auf dem Blei bestanden aus Bleikarbonat mit Spuren von Eisen, Kalzium und Kieselsäure.

Die Erde, die noch auf der äußersten Umhüllung vorhanden war, reagierte neutral und enthielt Sulfate und Chloride. Eine Beziehung dieser Bestandteile zu der Korrosion des Bleimantels ließ sich nicht herstellen.

Der wäßrige Auszug der Ummantelung der Kupferadern zeigte im Gegensatz zu der Umwicklung des Bleirohres neutrale Reaktion. Phenole wurden hier nicht gefunden. Wie oben bereits gesagt, war die Oberfläche noch vollkommen blank und wies keine Fehlstellen auf, offenbar, weil in der imprägnierten Schicht keine angreifenden Reagenzien, insbesondere keine Phenole, vorhanden sind.

Aus der Art der Korrosionsprodukte ist zu schließen, daß es sich um eine rein chemische Korrosion handelt. Vagabundierende Ströme kommen als Ursache für die Korrosion nicht in Frage, da die Korrosionsprodukte, die für eine Korrosion durch Fremdströme charakteristisch sind, nicht vorhanden sind[1]. Außerdem befand sich die Bewehrung des Kabels in gutem Zustande und wies keine Schäden oder Fehlstellen auf. Aus den letzten Gründen kann auch eine Einwirkung durch im Erdboden befindliche Salze oder sonstige chemische Verbindungen, durch Sauerstoff oder Kohlensäure als ausgeschlossen gelten.

Die Korrosion des Bleis muß demnach in der Hauptsache auf die Anwesenheit und Wirkung von Phenol in der imprägnierten Umwicklung des Mantels zurückgeführt werden.

[1] Vgl. u. a. Hähnel, Korr. u. Metallsch. Bd. 3, S. 145 (1927).

RUNDSCHAU.

Apparate.

Versuch einer Theorie des statischen Drei- und Mehrphasen-Frequenzwandlers im Vergleich mit dem Experiment. — Die im Anschluß an eine Abhandlung von Hueter[1] untersuchte Mehrphasen-Frequenzwandlung beruht auf der Krümmung der Magnetisierungskurve des Eisens. Hierzu wird auf der Niederfrequenzseite ein Mehrphasensystem über die entsprechende Anzahl gleicher Einphasentransformatoren in Stern zusammengeschlossen, während die hochfrequente Spannung einphasig an den Klemmen einer sekundären Polygonschaltung abgenommen wird und die Phasenzahl des Mehrphasensystems die Vervielfältigung der Ausgangsfrequenz angibt. Dies ist die elektrische Auswertung einer mathematischen harmonischen Analyse[2], einer periodischen Funktion $f(x)$ mit der Periode p, wobei aus ihrem m-Phasen-Funktionensystem

$$f_{\lambda+1}(x) = f_\lambda\left(x + \frac{p}{m}\right)$$

eine Resultierende

$$F_m(x) = \frac{1}{m}\sum_{\lambda=1}^{m} f_\lambda(x)$$

gebildet wird. Diese besitzt die m-fache Frequenz wie $f(x)$ und enthält sämtliche durch m teilbaren Oberwellen von $f(x)$, wobei m und λ ganze Zahlen bedeuten.

Bilden nun die niederfrequenten verketteten Spannungen des elektrischen Mehrphasensystems e_λ ein m-Phasen-Funktionensystem, so läßt sich das gleiche auch für die Phasenspannungen, die Flüsse χ_λ, die Mehrphasenströme i_λ und die magnetischen Umlaufspannungen M_λ in den einzelnen Transformatoren folgern, wobei die Resultierenden im Hochfrequenzkreis als Spannung $\mathfrak{E}$, Strom $\mathfrak{J}$ und Fluß Φ erscheinen. Es gilt hierbei die Transformationsgleichung

$$\sum_{\lambda=1}^{m} M(\varphi_\lambda + \Phi) = m\, n_m\, \mathfrak{J},$$

in welcher die Grundwellen φ_λ der χ_λ durch die e_λ gegeben sind und n_m auf jedem Transformator die Windungszahl der Hochfrequenzseite bezeichnet. Mit Hilfe der Transformationsgleichung können im Prinzip sämtliche Belastungsarten des Frequenzwandlers vorausberechnet werden. Eine Stütze hierfür bildet folgende Charakteristik[3]: Unter der Voraussetzung, daß die Scheitelwerte der φ_λ und Φ zeitlich zusammenfallen, lassen sich die Scheitelwerte $\mathfrak{E}_m$ und $\mathfrak{J}_m$ der $\mathfrak{E}$ und $\mathfrak{J}$ für verschiedene e_λ in Abhängigkeit voneinander auftragen und umfassen alsdann den Leerlauf, den Kurzschluß und die reine Blindlast der Hochfrequenzseite. Abb. 1 zeigt dies für einen Scheitelwert der niederfrequenten Induktion $b_\lambda = 19\,000$ Gauß. Unter der Annahme sinusförmiger Spannungen und Ströme ist dann das Verhältnis Λ der allgemeinen Maximallast zur entsprechenden bei rein Ohmscher Belastung nach einem Rechnungsgange eine gerade Linie durch den Koordinatenanfangspunkt, nach einem zweiten eine $\mathfrak{E}_m$ proportionale Größe. Das wirkliche Λ liegt zwischen diesen beiden Grenzfällen. Auch $\zeta = \mathfrak{E}_m/\mathfrak{J}_m$ steht hierbei in einem bekannten Verhältnis zu den Belastungsgrößen der Hochfrequenzseite. Außerdem ist in einem aus Hoch- und Niederfrequenzseite kombinierten Potentialdiagramm der auf die Hochfrequenzseite bezogene Winkel zwischen φ_λ und Φ bei Lastübertragung von 0° auf 180° verschieden, u. zw. bei Energieübertragung nach der Niederfrequenzseite positiv, nach der Hochfrequenzseite negativ.

Abb. 1. Charakteristik für $b_\lambda = 19\,000$ Gauß.

Die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit der Frequenztransformation geht davon aus, daß die Belastbarkeit des Frequenzwandlers seinem Eisengewicht proportional ist. Die Energieübertragung erfordert eine große Blindleistung, da das Verhältnis der Wirklast zu ihr über den Wert 0,3 nicht gesteigert werden kann. Ein Teil der Blindlast läßt sich jedoch von der Hochfrequenzseite liefern, wo sie bekanntlich unter Umständen billiger wird und wodurch auch die Belastbarkeit steigt.

Man unterscheidet zwei Verwendungsformen des Frequenzwandlers: Die erste besteht in der einseitigen Belastung der Hochfrequenzseite; ihre Spannung fällt dann mit zunehmender Last. Bei der zweiten wird der Wandler als Kopplungsglied zweier Netze verschiedener Frequenz aber fester Spannungen eingeschaltet, wobei die Energie nach Belieben bald nach der einen, bald nach der anderen Richtung übertragen werden kann. Durch Parallelschaltung von m-Phasensystemen und durch geeignete Zickzackschaltungen der Niederfrequenzwicklungen zur Erzeugung entsprechender Phasenverschiebungen zwischen den m-Hochfrequenzspannungen kann man schließlich auch auf der Hochfrequenzseite ein m-Phasensystem erzeugen. Hierdurch wird die Hintereinanderschaltung beliebig vieler Frequenzstufen ermöglicht. (G. Stein, Arch. El. Bd. 24, S. 763.)

Meßgeräte und Meßverfahren.

Theorie des Wartens vor „Schaltern". — Die vorliegende Arbeit von F. Pollaczek ist aus dem Aufgabenkreis des Reichspost-Zentralamts entstanden; sie gibt einen Auszug und die Ergebnisse einer sehr ausführlichen mathematischen Untersuchung[1]. Sie benutzt die mehrfach in der Theorie des Fernsprechverkehrs erfolgreich angewendete Wahrscheinlichkeitsrechnung. Dabei werden in sehr mühsamer und exakter Weise Gleichungen entwickelt. Das Verständnis dieser Entwicklungen geht leider wohl über die mathematische Methodik der meisten praktischen Ingenieure weit hinaus, jedenfalls wesentlich mehr als die sonstigen Arbeiten in dieser Theorie, die im allgemeinen sich auf verhältnismäßig elementaren Kombinationsmethoden aufbauen. Dadurch ist natürlich die Nachprüfung der neuen Theorie für die Praxis sehr erschwert, um so mehr als keine Vergleiche mit Messungen gemacht werden.

In erster Linie werden zunächst als „Schalter" im eigentlichen Sinne des Wortes die Publikumschalter der Post, Eisenbahn, Banken usw. bezeichnet (später wird die Theorie auf Aufgaben der Fernsprechtechnik erweitert). Eine Aufgabe geht dahin, die „mittlere Wartezeit" zu finden, d. h. im Mittel aller Anordnungen, in denen n Personen während der Hauptverkehrstunde eintreffen können, und im Mittel aller n Besucher. Zweitens ist die Wahrscheinlichkeit $\varrho(t)$ zu bestimmen, daß die Wartezeit eines beliebigen Schalterbesuches $< t$ ist. Zur Durchführung werden folgende Voraussetzungen gemacht: Vor einer Gruppe von s (≥ 1) parallel arbeitenden Schaltern mögen während der Hauptverkehrstunde T immer gleichviel (n) Personen erscheinen; für jede dieser n Personen ist jede Ankunftszeit innerhalb von T gleich wahrscheinlich, und jede soll in der Reihenfolge des Eintreffens abgefertigt werden. Als einfachste Annahme wird die Abfertigungszeit als konstant (t_0) angenommen. Die maßgebende Größe ist der von Pollaczek als „gemeinsamer

[1] E. Hueter, Beiträge zum Problem der Frequenzwandlung. Habilitationsschrift T. H. Darmstadt 1928.
[2] Fischer-Hinnen, ETZ 1901, S. 396.
[3] Vgl. a. Kiefer, El. u. Maschinenb. Bd. 46, S. 921 (1928).

[1] Veröffentlichung in der Mathemat. Z. vorgesehen.

Ausnutzungsgrad aller Schalter“ bezeichnete Quotient $\eta = n\,t_0/s\,T$. Dabei werden drei Fälle unterschieden: 1. $\eta < 1$, 2. $\eta \approx 1$ (beginnender Andrang) 3. $\eta > 1$ (großer Andrang). Es ergeben sich dementsprechend für die einzelnen Fälle verschiedene Gleichungen.

Es ist unmöglich, hier auf die sehr weitläufigen mathematischen Entwicklungen einzugehen. Zunächst sind alle Entwicklungen streng mathematisch durchgeführt; dann werden einfachere Näherungsgleichungen für den Grenzfall $n \to \infty$ gebildet. Von besonderem Interesse ist dabei die Wahrscheinlichkeit $P(0)$, daß keiner der n Besucher zu warten braucht. Der Verfasser gibt diese in der Form

$$1 - P(0) = \frac{1}{1-\eta} \, \frac{\left(\eta\, e^{1-\eta}\right)^s}{\sqrt{2\pi s}} \, .$$

Es sei hier darauf hingewiesen, daß diese Gleichung z. B. auch auf eine Form zu bringen ist:

$$\frac{e^{-\eta(s-1)}}{1-\eta} \, \frac{e^{-\eta}\,\eta^s}{s!} \, ,$$

worin der zweite Ausdruck wieder der in allen bisherigen Theorien viel verwendeten Poissonschen Formel entspricht.

Zum Schluß gibt der Verfasser als weitere Anwendungsgebiete die Bestimmung der Wartezeiten im „Schnellverkehr“ der Selbstanschlußämter untereinander an und auch andeutungsweise der „Verluste“ in den üblichen Selbstanschlußsystemen. Das Fehlen des Vergleiches mit Messungen läßt vorläufig keine Nachprüfung zu. (F. Pollaczek, Tel. u. Fernspr. Techn. Bd. 19, S. 71.) *Blz.*

Beleuchtung.

Schlagwettersichere und gasdichte Grubenleuchte. — Bei Grubenleuchten ist außer der Schlagwettersicherheit auch die Erdungsfrage von Bedeutung. Das Zuführungskabel wird im Bergbau an seiner Ausgangstelle geerdet. Da aber durch das Einbauen von Leuchten im Kabelstrang die metallische Verbindung der Kabelmäntel unterbrochen wird, so muß diese Unterbrechung zwecks Fortführung der Erdung in irgendeiner Weise wiederhergestellt werden. Bei der Ausführung der Firma Pötter & Schütze G. m. b. H., Essen-Rellinghausen, sind Erdungstutzen für die Eisen- und Bleimäntel der Kabelleitungen vorgesehen, mit Hilfe deren die Verbindung l der Eisen- und Bleimäntel mit der Leuchtenarmatur hergestellt wird (Abb. 2). Die äußerst gedrungene Bauart der Leuchte ermöglicht ihre Verwendung selbst in den niedrigsten Querschlägen und Räumen; auch läßt sich die Leuchte bei Verwendung in Richtstrecken und Querschlägen bequem in den Stößen sowie in der Firste oder ins Hangende montieren, so daß jede Blendung vermieden wird. Um die Leuchte auch bei Verlegung von Feuchtraumleitungen verwendbar zu machen, kann sie auch an Stelle der Erdungstutzen mit Stoffbüchseneinführung ausgerüstet werden. *fi*

Abb. 2. Schlagwettersichere und gasdichte Grubenleuchte.

Heizung. Öfen.

Erfahrungen mit der elektrischen Lichtbogenschweißung. — K. Jurczyk gibt Mittel, durch welche die Spannungen in geschweißten Stücken sich vermindern lassen: 1. durch gute Wärmeverteilung, 2. durch geringe Anhäufung von Zusatzstoffen (schmale Nuten, bzw. Nähte), 3. durch absatzweises Schweißen, 4. durch geeignete Anordnung der Nähte, 5. durch Vorwärmen der Werkstücke bei größeren Wandstärken. Ferner nennt er Mittel, um die Zähigkeit einer Schweiße zu erhöhen: Umhüllung der Elektroden oder des Flammbogens, bzw. Bedeckung der Schweiße mit Schlacke zur Fernhaltung der Luft vom Schweißbade, kurzer Schweißbogen, Verzögerung der Abkühlungsgeschwindigkeit, richtige Schweißgeschwindigkeit, besonders bei selbsttätigem Schweißen. Bemerkenswert sind die Mitteilungen des Verfassers über die elektrische Schweißung starkwandiger Hochdruckgefäße, bis zu 300 mm Wandstärke, die in den V. S. Amerika elektrisch geschweißt werden, wobei allerdings Elektroden bis zu 20 mm Dmr. in Schutzgas selbsttätig mit sehr hohen Stromstärken niedergeschmolzen werden und Niederschlagsmengen von 45 kg/h erreicht werden. Schließlich bringt Jurczyk noch eine Anzahl Beispiele von der Verwendung der elektrischen Bogenschweißung im Eisenhoch- und Maschinenbau, welche zeigen, daß wir uns noch im Anfange einer augenblicklich stürmischen Entwicklung befinden, welche die elektrische Bogenschweißung wohl als das wichtigste zukünftige Verbindungsmittel für Metalle erscheinen läßt. Die Aufgabe des Schweißingenieurs zur Erzielung von Qualitätschweißungen wird besonders hervorgehoben, ebenso daß die Konstrukteure sich die besonderen Kenntnisse der Schweißverfahren aneignen müssen. (St. u. E. Bd. 50, S. 834.) *J. C. F.*

Bahnen und Fahrzeuge.

Elektrischer Betrieb der Bodensee-Toggenburgbahn. — Am 4. X. d. J. wurde das Teilstück St. Gallen—Wattwil—Neßlau der Bodensee-Toggenburgbahn (B-T) dem elektrischen Betrieb übergeben. Hiermit ist auf einer der letzten Schweizer Privatbahnen der Dampfbetrieb aufgegeben worden, nachdem der erhebliche Preisrückgang für Fahrleitungen und Fahrzeuge die Bahnverwaltung erst im Jahre 1930 zu diesem Entschluß brachte. Die Einbeziehung des St. Galler Bezirks in das Elektrisierungsgebiet der Schweizerischen Bundesbahnen (SBB) ermöglichte ferner einen günstigen Strombezug aus dem SBB-Umspannwerk Gossau[1]; es kam weiterhin der Umstand hinzu, daß die B-T bei Romanshorn, St. Gallen, und zwischen Wattwil und Ebnat-Kappel im Toggenburg Gemeinschaftsstrecken mit der SBB hat, so daß von den insgesamt 64 km der B-T nur etwa 55 km umgestellt werden brauchten. Für die Inangriffnahme sprach auch der fällige Hauptausbesserungs-Termin für die alten Dampflokomotiven, dessen Kostenanschlag die Elektrisierung lohnend erscheinen ließ. Die B-T ist eine ausgesprochene Gebirgsbahn. Höhenunterschiede zwischen Romanshorn und Degersheim von 400 m, zwischen Ebnat und Neßlau von 130 m mit langen Steigungen von 18 ‰, im Maximum 25 ‰, zahlreiche Tunnel, wie der 3558 m lange Wasserfluhtunnel, kostspielige Viaduktanlagen (Sitterviadukt u. a.) verschlangen im Baujahre 1910 so erhebliche Mittel, daß an einen weiteren Kapitalaufwand damals nicht gedacht werden konnte. Nunmehr wird vom SBB-Umspannwerk Gossau durch Hauptleitungen Strom nach den Stationen Schachen und St. Fiden, durch Notspeiseleitungen nach Romanshorn und Wattwil geleitet, von wo er als Einphasenstrom von

[1] ETZ 1929, S. 714.

15000 V und 16⅔ Hz den Fahrleitungen zugeführt wird. Diese sind mit sog. windschiefer Aufhängung als Vielfachleitungen gebaut. Abweichend von der SBB-Praxis erfolgt die Isolierung des Gehänges durch Hermsdorf-Tellerisolatoren von 280 mm Dmr., bei denen die sehr wichtige Verbindung zwischen Klöppel und Porzellankörper durch einen Bleiantimon-Ausguß unter Zwischenlage eines Federringes erfolgt. Der kupferne Fahrdraht von 85 mm² Querschnitt hängt auf offener Strecke an einem eisenverzinkten Tragseil, in Tunneln an einem solchen aus Kupferpanzer-Stahldraht. Als Stützwerk werden auf offener Strecke Eisenprofilmaste, in Stationen leichte Jochträger von großer Durchsichtigkeit der Anlage verwendet. Um Kurzschlüsse in Tunneln bei etwaiger Eiszapfenbildung zu verhindern, wurden die oberen Gewölbeteile durch Torkretierung trocken gelegt, so daß leitende Brücken zwischen spannungsführenden Teilen und dem Tunnelgewölbe wirksam unterdrückt werden. Als Fahrzeuge kommen Lokomotiven und Triebwagen zur Anwendung. Erstere sind Drehgestell-Lokomotiven Bauart B_0B_0 von 63 t Gesamtgewicht, letztere vierachsige Personenwagen mit Gepäckraum für 16 Sitzplätze II. Klasse und 50 Plätze III. Klasse mit einem Gesamtgewicht von 53 t, von dem 33 t als Reibungsanteil auf das zweiachsige Triebgestell entfallen. Sämtliche Fahrzeuge haben die gleichen motorischen Ausrüstungen, die Lokomotiven 4, die Triebwagen 2 Séchéron-Motoren von je 375 PS/h, mit Hohlwellenantrieb und doppelseitigen Pfeilzahnrädern[1]. Einmannbedienung. Bemerkenswert ist, daß die Bahnverwaltung für die Schleifstücke der Scherenstromabnehmer statt Aluminiumbelag Kupferstreifen ausproben will. Die Lokomotiven sollen mit einer Anhängelast von 250 t eine Dauergeschwindigkeit von 55 km/h auf 15 ‰ Steigung bewältigen und dem Durchgangsverkehr dienen, während die Triebwagen hauptsächlich für den leichten Lokaldienst bestimmt sind, der mit Einzelwagen oder mit Anhängelasten von höchstens 100 t in verdichteter Fahrplanfolge durchgeführt werden soll. Diese neuzeitliche Anpassung des Verkehrs ist auf den Wettbewerb der Kraftwagen zurückzuführen. Bei der notwendig werdenden Verlegung der Fernmeldeanlagen wurde, abweichend von der bisherigen SBB-Praxis, statt der Krarupkabel eine pupinisierte Kabelung gewählt, die mit gutem Erfolge auch seitens der schweizerischen Telegraphenverwaltung erprobt wurde. (Schweiz. Bauzg. Bd. 98, S. 170.) *Mal.*

Fernmeldetechnik.

Beseitigung von Rundfunkstörungen aus Hochspannungsleitungen. — Eine ganze Überlandleitung störungssicher zu bauen, würde sehr kostspielig sein. In vielen Fällen genügt es, einen Teil des Linienzuges von Störströmen freizuhalten, die den Rundfunkempfang beeinträchtigen. Hierzu werden eisenfreie Drosselspulen in die Leitung eingebaut, die im Bereich der Rundfunkwellen, also für Frequenzen zwischen 500 und 1500 kHz, hohe Impedanz aufweisen mit einem Maximum bei 1000 kHz. Mit solchen Spulen sind Wohngebiete längs Überlandleitungen gegen die Störungen geschützt worden, die aus Industriegebieten übertragen wurden; die Störungen wurden dabei auf den fünften Teil ungefähr herabgedrückt. Die Spulen sind sehr kräftig gebaut, damit sie die bei Kurzschlüssen auftretenden starken elektrischen und mechanischen Beanspruchungen ertragen. (F. S. Mabry, The Electric Journ. Bd. 27, S. 211.) *Kbz.*

Ein Heimgerät zur Selbstaufnahme von Schallplatten. — Die AEG brachte zur Funkausstellung ein neues Gerät auf den Markt, das in Verbindung mit einer Rundfunkempfangsanlage die Möglichkeit gibt, Sprache oder Musik auf Schallplatten aufzunehmen. Die Schallaufzeichnung erfolgt ähnlich wie bei den gewöhnlichen Schallplatten unter Zuhilfenahme elektrischer Zwischenglieder. Die Schallschwingungen werden durch ein Mikrophon aufgenommen und über einen Verstärker einer elektrischen Schneiddose zugeführt, die sie dann in Form von Tonrillen auf eine umlaufende Platte zeichnet.

Beim Heimgerät wird ein normaler Rundfunkempfänger als Verstärker und eine gewöhnliche Sprechmaschine zum Antrieb der Platte benutzt. Da diese Teile vielfach schon vorhanden sind, umfaßt das eigentliche Gerät nur noch eine elektrische Schneiddose, die auch gleichzeitig als Tonabnehmor dienen kann, ein Vorschubgetriebe zur Führung der Schneiddose bei der Aufnahme und eine Umschaltvorrichtung zur Verbindung der einzelnen Teile bei Aufnahme und Wiedergabe. Als Schallaufnahmeorgan kann entweder der Lautsprecher der Empfangsanlage oder ein besonderes Mikrophon verwendet werden, das speziell für diesen Zweck entwickelt wurde.

Die Aufnahmen erfolgen mit dieser Apparatur auf Platten aus Aluminium, in die die Tonrillen durch eine besonders geformte Stahlnadel eingedrückt werden. Die Platten lassen sich sofort nach der Aufnahme ohne jede Nachbehandlung mit Holznadeln wieder abspielen. Durch eine besondere Präparierung der Aluminiumplatten konnte das sonst bei derartigen Aufnahmen so störende Nebengeräusch stark vermindert werden, so daß die aufgezeichneten Schallereignisse klar zur Geltung kommen. Die Aufnahmeapparatur wird auch noch als kombiniertes Gerät geliefert, das alle Teile in einem Schrank vereinigt und auch zur Rundfunk- und Schallplattenwiedergabe verwendet werden kann. (K. Schwarz, AEG-Mitt. 1931, S. 464.) *Sb.*

Hochspannungstechnik.

Einfluß der Induzierung auf die Bemessung von Erdschluß-Schutzeinrichtungen für Generatoren. — Der Einfluß der Induzierung auf den Erdschlußschutz von Maschinen, die auf Transformatoren arbeiten, wird untersucht. Der Verfasser kommt dabei zu dem Ergebnis, daß die Bemessung des Nullpunktwiderstandes und damit die Höhe des maximal auftretenden Erdschlußstromes durch die induzierte Spannung bzw. durch den induzierten Strom bestimmt sind. Es wird gezeigt, daß sich durch die Anwendung von spannungsabhängigen Widerständen (Eisenwiderstände) wesentlich kleinere Erdschlußströme erreichen lassen. Insbesondere wird auf die Verbindung von Eisenwiderständen mit der von Pohl angegebenen Zusatzspannung[1] eingegangen. Die Zusatzspannung erhöht die induzierte Spannung in ungünstigen Fällen. Diese Erscheinung, die bisher wohl noch nicht beobachtet wurde, hat neben dem induzierten Strom einen großen Einfluß auf die Bemessung der Schutzeinrichtungen. In der Arbeit sind die Resultate der Berechnungen und Messungen, die für das Vermuntwerk der Vorarlberger Illwerke angestellt wurden, zusammengefaßt. Dabei zeigt sich, daß der Erdschlußstrom größer gewählt werden muß, wenn man einen 100prozentigen Schutz der Wicklung mit Hilfe der Zusatzspannung nach Pohl erreichen will. Diese an sich unerwünschte Steigerung des Erdschlußstromes wird jedoch gern mit Rücksicht auf den wertvollen Gewinn, daß die gesamte Generatorenwicklung geschützt ist, in Kauf genommen werden. (W. Bütow, Arch. El. Bd. 25, H. 3, S. 177.)

Einfluß der Induktivität und des veränderlichen Widerstandes einer Funkenstrecke auf die Entladung. — Die bekannte Toeplersche Formel für den Funkenwiderstand $r = KF/q$ wird verallgemeinert in der Form

$$r = \frac{k}{q + q_0} + r_0;$$

hierin sind k eine empirische Konstante, q die seit Beginn der Entladung geflossene Elektrizitätsmenge und q_0 eine empirische Korrektur, ebenso r_0. Beim Beginn der Entladung ist $q = 0$ und daher nach Toeplers ursprünglicher Formel der Widerstand unendlich. In der neu vorgeschlagenen Formel ist unter Berücksichtigung der Anfangsionisation der Widerstand bei Entladungsbeginn zwar sehr groß, aber doch endlich; die analytische Schwierigkeit des Stromeinsatzes über einen unendlichen Widerstand ist damit beseitigt. Ist q gegen Ende der Entladung sehr groß geworden, geht r nicht zu Null, sondern nähert sich dem Bogenwiderstandswert r_0.

Ausgehend von einer Arbeit von Krutzsch[2] leitet der Verfasser für die von Krutzsch behandelten Fälle unter Benutzung der neuen Gleichung Formeln für die Abhängigkeit $i = f(t)$ ab; auch ein Glied $L\frac{di}{dt}$ wird eingeschlossen, um die Induktivität des Funkens selbst und der an die Funkenstrecke angrenzenden Teile zu berücksichtigen. Die erhaltenen Differentialgleichungen können wahrscheinlich nur durch schrittweise Näherung gelöst werden; der Verfasser glaubt aber, daß eine umfassende Formel für r und der Einschluß von L einen Fortschritt für die Theorie der Funkenüberschläge bedeuten, und hofft, daß sich noch eine bequeme Methode zur Lösung der Differentialgleichungen finden lasse. (V. Karapetoff, Arch. El. Bd. 25, S. 315.)

[1] ETZ 1927, S. 195, Abb. 4.

[1] ETZ 1927, S. 320.
[2] J. Krutzsch, ETZ 1928, S. 607.

Chemie.

Vernickeln von Aluminium und Aluminiumlegierungen. — Damit elektrolytische Überzüge auf Aluminium haften, pflegt man es zuvor mit dem Sandstrahlgebläse oder durch Ätzen aufzurauhen; es ist dann aber schwierig, den Niederschlag zu polieren. M. Balley ätzt deshalb nur schwach mit siedend heißer schwach saurer Eisenchloridlösung. Hierdurch bekleidet sich das Aluminium mit einer Eisenhaut, auf der nun im gewöhnlichen Nickelbad, auch in der Wärme mit hoher Stromdichte, vernickelt werden kann. Balley empfiehlt folgende Lösung: 6 ... 22 g/l Eisen (als Chlorid), 0,1 ... 0,7 normale Salzsäure (3,65 ... 25,6 g/l HCl). Die günstigste Zusammensetzung ist für die verschiedenen Aluminiumlegierungen etwas verschieden. Auf Duralumin (4 % Cu, 0,6 Mg, 0,5 Si) haftet dieser Niederschlag nicht so gut wie auf Aluminium (99,85 und 98,5 % Al), Alpax (13 % Si), Almasilium (1,5 % Si, 1 % Mg) und den Legierungen mit 8 % Cu und mit 15 % Zn. (M. Balley, Génie civil Bd. 96, S. 170.) *K. A.*

Energiewirtschaft.

Die deutschen Wasserkräfte. — Ende 1930 waren sie zu rd. 36 % ihrer Volleistung (8,0 Mill PS) bzw. 38 % ihrer Mittelleistung (4,2 Mill PS) ausgebaut. Diese ausgebauten 2,9 Mill PS Voll- bzw. 1,6 Mill PS Mittelleistung verteilen sich in 43 429 Anlagen auf 36 Großkräfte über 10 000 PS, 200 Mittelkräfte zwischen 1000 und 10 000 PS und 43 193 Kleinanlagen unter 1000 PS der einzelnen Länder nach Abb. 3. Von den rd. 25 Mrd kWh Jahresarbeitsvermögen der ausbauwürdigen Wasserkräfte sind 10 Mrd kWh (= 40 %) ausgenutzt. Hiervon entfallen etwa 20 % auf die öffentliche Stromversorgung, die restlichen rd. 8 Mrd kWh dienen in mehr oder weniger voller Ausnutzung zur elektrischen oder unmittelbar mechanischen Arbeitsgewinnung den Selbstverbrauchern. Von den 36 Großkraftanlagen entfallen auf Bayern 17 Werke mit 63,8 % der Mittelleistung, auf Baden 8 Werke mit 25,7 % und auf Preußen 6 Werke mit 4,1 %.

An der Gesamtstromerzeugung in öffentlichen und Eigenanlagen hatten 1928 die Wasserkräfte in Bayern 72,2 %, in Baden 43,8 %, in Württemberg 50,3 %, in Preußen 2,9 % und im Reichsdurchschnitt 12,8 % Anteil.

Aus der Aufzählung der wichtigeren Wasserkraftanlagen im Rahmen der öffentlichen Versorgung, die in der Quelle gegeben wird, seien nur die Werke der Preußischen Elektrizitäts-AG. mit zusammen 65 500 PS nebst dem Pumpspeicherwerk Bringhausen[1] (164 000 PS) genannt, dann die Wasserkraftwerke des RWE mit zusammen über 0,6 Mill PS (Jahresarbeit fast 1,5 Mrd kWh einschl. der RWE-Beteiligungen). Das Provinzial-Elektrizitätswerk Niederschlesien verfügt über 31 500 PS und die VEW über 23 000 PS in einzelnen größeren und kleineren Anlagen. In Sachsen stellt die Zschopautalsperre bei Kriebstein mit 8150 PS die größte Wasserkraftanlage[2] dar, in Thüringen ist die Bleilochsperre mit 59 000 PS und zusätzlicher Pumpspeicherung im Bau. Von den Pumpspeicherwerken[3] erwähnen wir hier nur Niederwartha[4] und Herdecke[5]. In Süddeutschland entfallen auf Bayern in den 7 Großwasserkraftwerken 668 380 PS mit 2,361 Mrd kWh Arbeitsvermögen, darunter drei Werke (Walchenseewerk, Mittlere Isar und Innwerk) mit je über 100 000 PS. Bemerkenswert ist dort auch der Zusammenschluß der Wasserkraftwerke der chemischen Großindustrie: Innwerk[1] und die drei Alzstufen (74 630 PS) unter sich (rd. 900 Mill kWh Jahresarbeit) und mit dem Saalachwerk der Reichsbahn sowie über Bayern hinaus mit den Salzburger Werken zu einem gemeinsamen ausgleichenden Komplex. Baden hat an den Rheinkraftwerken einen Anteil von 161 400 PS mit 770 Mill kWh Jahresarbeit, neben dem Murgwerk und dem im Bau befindlichen Schluchseewerk[2] (zunächst 151 500 PS). Württemberg nutzt an der Iller in drei Stufen 37 900 PS und an der Donau 9880 PS aus.

Für die noch ausbauwürdigen Wasserkräfte ergibt eine vorsichtige Schätzung — genaue Unterlagen über die Ausbauwürdigkeit sind nicht in allen Ländern und nicht überall auf gleicher Grundlage erfaßt — folgende Leistungen in Mill PS:

	Volleistung			Mittelleistung		
	ausgebaut	ausbauwürdig	zusammen	ausgebaut	ausbauwürdig	zusammen
Nord- und Mitteldeutschland	1,1	1,4	2,5	0,6	0,7	1,3
Süddeutschland . . .	1,8	3,7	5,5	1,0	1,9	2,9
Deutsches Reich . . .	2,9	5,1	8,0	1,6	2,6	4,2

Auf den Kopf der Bevölkerung bezogen, ergibt sich eine Dichte von 155 kWh Jahresarbeitsvermögen in Nord- und Mitteldeutschland, von 1400 kWh in Süddeutschland und von 400 kWh im Reichsdurchschnitt.

Auf das wasserkraftreichste Land Bayern fallen von der Gesamtleistung rd. 4 Mill PS Volleistung und 2,2 Mill PS Mittelleistung mit 13 Mrd kWh Jahresarbeitsvermögen; von den noch unausgebauten ausbauwürdigen Wasserkräften treffen auf Bayern 3 Mill PS Volleistung und 1,5 Mill PS Mittelleistung mit 9 Mrd kWh, also mehr als die Hälfte des deutschen Vorrates.

In Nord- und Mitteldeutschland wird wie bisher der Ausbau von größeren Spitzenwerken im Zusammenhang mit anderen wasserwirtschaftlichen Aufgaben maßgebend sein, so die geplanten Talsperren an der Bode (66 Mill kWh) und an der Our (79 Mill kWh), abgesehen von dem einer ferneren Zukunft angehörenden großen Our-Werk in der Eifel bei Vianden (0,8 Mill PS, 500 Mill kWh[3]). Thüringen plant die Hohenwarther Talsperre (55 Mill kWh) zur Aufbesserung der Elbe. In Württemberg sind die Neckarstaustufen mit 127 Mill kWh projektiert, Baden hat am Oberrhein in sechs Stufen einen Anteil von 850 Mill kWh neben dem Vollausbau des Schluchseewerks (288 Mill kWh) und weitere Schwarzwald-, Donau- und Neckarstufen mit zusammen 300 Mill kWh.

In Bayern sind die wirtschaftlichen Ausbaumöglichkeiten weitgehend geklärt und für eine Reihe von Großanlagen bereits ausführliche Entwürfe vorhanden, so daß der Ausbau bei Bedarf in kürzester Frist in Angriff genommen werden kann. Es entfallen auf die Zuflüsse der Donau (außer Pumpspeicherung) 1,65 Mill PS mit 4,7 Mrd kWh, wovon zunächst an Iller, Lech, Isar, Ammer und Inn 2,68 Mrd kWh (ohne den auf Österreich entfallenden Anteil an den Grenzflüssen von einer weiteren Mrd kWh) auszubauen wären. An der oberen Donau sind 840 Mill kWh gewinnbar, im Zuge der Rhein-Main-Donau-Wasserstraße einschl. Donau noch 1,07 Mrd kWh. Bayern hat damit noch eine Volleistung von 2,15 Mill PS mit 6,6 Mrd kWh in Vorrat.

Das Gutachten O. v. Millers (1925) rechnet zur Deckung der Bedarfsteigerung den Ausbau einheimischer

Abb. 3. Ausgebaute Wasserkräfte in Deutschland.

---

[1] Wasserkr. u. Wasserwirtsch. Bd. 25, S. 168 (1930).
[2] ebd. Bd. 26, S. 105 (1931).
[3] ETZ 1931, S. 844.
[4] ETZ 1930, S. 1025.
[5] ETZ 1930, S. 733.

[1] ETZ 1926, S. 897.
[2] Wasserkr. u. Wasserwirtsch. Bd. 24, S. 105 (1929). ETZ 1929, S. 267.
[3] ebd. Bd. 22, S. 54 (1927).

Wasserkräfte (ohne Pumpspeicherung) von 2 Mill PS mit 5,6 Mrd kWh Jahresarbeit und die Heranziehung von 3,4 Mrd kWh aus dem Ausland, insgesamt also 9 Mrd kWh Mehrbedarfsdeckung. Die seither in Betrieb und Bau gekommenen deutschen Wasserkräfte bieten 1,5 Mrd kWh dar; nach obigen Untersuchungen können in Süddeutschland allein noch mindestens 3 Mill PS mit 8 Mrd kWh Jahresarbeit erschlossen werden. Dazu stehen außerdem die nord- und mitteldeutschen Kräfte zur Verfügung. Somit kann der durch Wasserkräfte zu deckende Teil des Zukunftsbedarfs an Leistung und Arbeit ohne Heranziehung ausländischer Wasserkräfte befriedigt werden; nach den eingehenden Untersuchungen ist ein großer Teil davon den Alpenkräften hinsichtlich Ausbaukosten und Art der Energiedarbietung mindestens gleichwertig. Darauf weist auch Dr. Ornig, Graz, in seiner Studie zum Millerschen Gutachten hin[1]. (Hiltner, Wasserkr. u. Wasserwirtsch. Bd. 26, S. 16, 24 [1913]. *Rdl.*

[1] El. u. Maschinenb. Bd. 48, S. 1117 (1930).

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33 II, Fernspr.: C 4 Wilhelm 8885 u. 8886 zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Einladung

zur außerordentlichen Sitzung am Dienstag, dem 17. November 1931, 7½ Uhr abends, in der Aula der Technischen Hochschule zu Charlottenburg.

Tagesordnung:

Vortrag des Herrn Dr. W. Vogel über das Thema: „Das Druckkabel, ein Fortschritt im Bau von Hochspannungs-Kabelanlagen".

Inhaltsangabe:

Es werden zunächst die Grenzen der Leistungsfähigkeit des Dielektrikums des normalen Massekabels besprochen und ihre Ursachen in einer gewissen Inhomogenität, die teils von der Fabrikation herrührt, teils durch den Betrieb des Kabels hervorgerufen wird, gefunden. Als Mittel zur dauernden Unterdrückung dieser Inhomogenitäten wird die Anwendung von statischem Druck auf die Isolation vorgeschlagen und der Druckeffekt untersucht. Es zeigt sich, daß durch Druckanwendung die Dauerdurchschlagfestigkeit der Isolation auf mehr als das Doppelte gesteigert werden kann unter gleichzeitiger erheblicher Erhöhung der Temperaturfestigkeit. Die praktische Auswertung dieser Erkenntnis führt zu einer neuen Kabeltype, die aus einem Massekabel besteht, das in eine druckfeste Rohrleitung eingezogen und unter Gasdruck gesetzt wird. Das Gas dient dabei nur als Druckmittel und ist von der Isolation durch eine undurchlässige geschmeidige Hülle getrennt. Über das Verhalten des Kabels im Rohr und über die Eigenschaften der Rohrleitung wird berichtet. Schließlich wird eine größere Versuchsanlage beschrieben und ein Ausblick auf die wirtschaftlichen und technischen Aussichten des neuen Kabelsystems gegeben.

Die Mitglieder werden gebeten, ihre Mitgliedskarten beim Eintritt vorzuzeigen. Gastkarten für einzuführende Gäste sind in der Geschäftstelle erhältlich.

Nachsitzung im „Grand-Hotel am Knie" in Charlottenburg, Bismarckstr. 1.

Elektrotechnischer Verein e. V.
Der Vorsitzende:
Dr.-Ing. Feyerabend.

Einladung zum Bezug

der „Vierstelligen Tafeln der Kreis- und Hyperbelfunktionen sowie ihrer Umkehrfunktionen im Komplexen".

Im Rahmen seiner Bestrebungen um die Förderung der Fachwissenschaft hat der Elektrotechnische Verein ein Tafelwerk über „Vierstellige Tafeln der Kreis- und Hyperbelfunktionen sowie ihrer Umkehrfunktionen im Komplexen" herstellen lassen. Die Tafeln sind von Robert Hawelka, Assistent an der Deutschen Technischen Hochschule in Brünn, berechnet und erläutert sowie von Dr.-Ing. e. h. Dr. techn. e. h. Fritz Emde, o. Professor an der Technischen Hochschule in Stuttgart, herausgegeben. Ihre Benutzung wird die Ausführung numerischer Berechnungen von Wechselstromaufgaben der verschiedensten Art außerordentlich erleichtern. Dadurch, daß der Elektrotechnische Verein das Unternehmen in eigne Hand genommen hat, ist es möglich geworden, das Werk den Mitgliedern zu einem so geringen Preise zur Verfügung zu stellen, wie er auf dem gewöhnlichen Wege nie zu erreichen wäre. Man kann den Tafeln die Werte für die vier Kreisfunktionen und für die vier Hyperbelfunktionen sowie für ihre Umkehrungen: die Arcus- und Area-Funktionen unmittelbar entnehmen. Es ist alle erdenkliche Sorgfalt darauf verwendet worden, den Bedürfnissen des praktischen Rechners gerecht zu werden und den Gebrauch der Tafeln so bequem und so sicher wie nur möglich zu gestalten. Zahlreiche instruktive Figuren gewähren Überblick und Anhalt. Eingedruckte Formeln und Hinweise sorgen dafür, daß die Aufmerksamkeit nicht durch theoretische Erwägungen von der Zahlenrechnung abgezogen wird. Besondere mathematische Kenntnisse, etwa der Funktionentheorie, werden nicht vorausgesetzt. Beziehungen, die nicht schon jedem bekannt sind, werden abgeleitet und erklärt. Der Gebrauch der Tafeln wird an vielen Beispielen eingehend erläutert. Die Erläuterungen sind zur Bequemlichkeit der ausländischen Mitglieder außer in deutscher auch noch in englischer und französischer Sprache gegeben. Das Werk umfaßt 109 Seiten großen Oktavformats.

Die Mitglieder des Elektrotechnischen Vereins erhalten das ausgezeichnete Werk zu dem Vorzugspreis von 7,50 RM (einschl. Porto- und Versandkosten) gegen Voreinsendung des Betrags (Postscheckkonto Nr. 13 302). Jedes Mitglied hat ferner das Recht, mehrere Exemplare zu diesem Preise zu beziehen. Bestellungen sind an die Geschäftstelle Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 II, zu richten.

Bericht über die

Fachsitzung

für elektrisches Nachrichtenwesen am 14. Oktober 1930 in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg.

Vorsitz: Herr Ministerialdirektor a. D. Arendt.

Der Vorsitzende begrüßt die sehr zahlreich erschienenen Zuhörer und erneuert die öfters ausgesprochene Aufmunterung zu reger Beteiligung an dem Meinungsaustausch über den Gegenstand der Vorträge. Er führt den Vortragenden, Herrn Ingenieur Hans Vogt, ein und erteilt ihm das Wort zu seinem Vortrage über das Thema:

„Der tönende Kondensator"[1].

An den Vortrag, der großen Beifall auslöst, knüpft sich folgende Diskussion:

Herr Dr. Nesper: Zunächst eine kurze Richtigstellung des Geburtstages des deutschen Rundfunks, der nicht erst 5 Jahre nach Schaffung des Tonfilms, sondern bereits am 29. Oktober 1923 sein Debüt in Berlin erlebte.

Sodann einen kleinen Nachtrag zu den Arbeiten von DE FOREST über den tönenden Film. DE FOREST hat ungefähr zur gleichen Zeit wie Herr VOGT einen tönenden Film geschaffen, worüber ich in der ETZ 1922, S. 1304, berichtet habe, also gleichzeitig mit der denkwürdigen Vorführung von Tri-Ergon in der Alhambra.

Mit Bezug auf die technische Seite der Kondensatorlautsprecher hat es mich gewundert, daß Herr VOGT nicht mehr über den Reiß-Lautsprecher gesagt hat, der insbesondere bei Veranstaltungen der Reichsrundfunkgesellschaft oft mit bestem Erfolg zur Verwendung gelangt. Der Reiß-Lautsprecher fällt zwar hinsichtlich der Wiedergabequalität etwas ungleich aus, was teils am Material, teils an der Ausführung liegen kann; indessen sind Reiß-Lautsprecher bekannt geworden, die ausgezeichnet arbeiten und ein sehr breites Tonfrequenzband zu beherrschen vermögen.

Mit Bezug auf die Ausführungen von Herrn VOGT habe ich bei der Wiedergabe der Schalldruckkurven vermißt,

[1] S. 1402 dieses Heftes.

daß Herr VOGT uns nichts über die Kombinationsbildung und die Herausbringung der tiefen Tonfrequenzen gesagt hat. Bzgl. der letzteren hat es bisher etwas gehapert, allerdings sehr zugunsten der hohen Tonfrequenzen, die mit recht kräftigen Amplituden abgestrahlt werden.

Die uns heute von Herrn VOGT demonstrierten Schallabstrahlungsleistungen können indessen als Spitzenleistung seines Lautwiedergabesystems nicht gewertet werden. In seinem Laboratorium und in anderen elektroakustisch günstigen Vorführungsräumen vermag er ganz andere Schallabstrahlungseffekte hervorzubringen. Es mag dieses — abgesehen von der ungünstigen Raumakustik des Vorführungsraumes — daran liegen, daß von Herrn VOGT mit Ausnahme der zuerst vorgeführten Meßplatte nur solche Anordnungen demonstriert wurden, bei welchen der Lautsprecher in mit verhältnismäßig starker Eigenresonanz behafteten Gehäusen eingebaut war. Infolgedessen war nicht nur bei Rundfunkwiedergabe die Sprache des Berliner Ansagers, sondern auch bei der Ultraphon-Sprechplatte der Kastenton sehr stark hervortretend, der das Klangbild wesentlich verfälschte. Bei anderen Vorführungen konnte gerade der Vogtsche Lautsprecher Sprache ausgezeichnet reproduzieren; es besteht vielleicht die Möglichkeit, daß er in dieser Beziehung selbst den hochwertigen modernen elektrodynamischen Lautsprecher zu verdrängen vermag. Ich denke hierbei hauptsächlich an raumakustisch günstigere Tonfilmtheater. Ich bedaure sehr, daß Herr VOGT keinen Schallwandoszilloplan mit einer guten Sprachplatte, etwa der Telephongesprächplatte (Ultraphon) vorgeführt hat, da wir hierdurch einen wesentlich günstigeren Eindruck von der tatsächlichen Leistungsfähigkeit des Oszilloplanes erhalten hätten.

Vortragender: Natürlich war das, was ich gezeigt habe — die Versuche waren etwas improvisiert, und mein ganzes Programm wurde durch die akustischen Verhältnisse, die ich in diesem Saale vorfand, vollkommen umgestellt —, durchaus nicht das Maximum dessen, was man an Wiedergabequalität mit dem elektrostatischen Lautsprecher erreichen kann. Herr Dr. NESPER hat vollkommen Recht — und ich habe es auch schon vorhin angedeutet, als ich die Abhängigkeit der Frequenzkurve von der Ankopplung schilderte —, daß man elektrostatisch alle Möglichkeiten hat, eine gleichmäßige und allen Wünschen entsprechende Frequenzkurve herzustellen. Es würde zu weit führen, wenn ich jetzt weiter darauf einginge.

Hinsichtlich der tiefen Töne möchte ich folgendes sagen. Das elektrostatisch erregte System hatte bisher zu wenig reine und tiefe Frequenz gehabt. Ich müßte sehr viel Arbeit darauf verwenden, große Membranbewegungen zu erreichen. Das ist durch die doppelseitige Anordnung und die große freischwingende Membran ermöglicht worden. Bei einem Oszilloplan-Modell, das 3 W aufnimmt, sind in der Mitte Abstände von rd. 1 mm vorhanden, und wenn man annimmt, daß das Blatt zu drei Vierteln des Abstandes in das elektrische Feld hineintaucht, dann kommt man zu Membranbewegungen von maximal rd. 0,7 mm ±. Das sind schon ganz respektable Membranbewegungen, die aber erforderlich sind, um die tiefen Töne herbeizuführen.

Bezüglich des Geburtstagstermins des deutschen Rundfunks habe ich mich nicht genau ausgedrückt. Immerhin begannen meine Arbeiten am Tonfilm 1919, also 4 Jahre vor Einführung des Rundfunks. Aber Herr Dr. NESPER hat es s. Z. in seiner ersten Veröffentlichung über den Tonfilm in unserem Verbandsorgan unterlassen, auf die Arbeiten von ENGL, MASSOLLE und VOGT hinzuweisen, obwohl er von uns zu der denkwürdigen Vorführung am 17. IX. 1922 eingeladen und auch erschienen war. Das muß ich leider sagen. (Heiterkeit.)

Herr Dr. **Nesper:** Ich darf kurz erwidern, daß die Drucklegung meines Artikels in der ETZ nur einige Monate gedauert hat und daß dieser bei der Fülle des vorliegenden Materials immerhin schon recht beschleunigt herausgekommen ist. Im übrigen war ich bei Niederschrift meines ETZ-Artikels über die Vogtschen Arbeiten nicht unterrichtet und bemerke, daß der Abdruck in der ETZ fast gleichzeitig mit der Vorführung des Tonfilms in der Alhambra stattgefunden hat. (Heiterkeit.)

Herr Dir. **Hahnemann:** Ich möchte die Diskussion etwas herausheben aus dem Niveau — sagen wir — des Funkhandels, d. h. aus der Frage über den Preis der Lautsprechertypen, um etwas über das Prinzip der Lautsprecher für Radio und Kino zu sagen. Damit Sie mich richtig verstehen, möchte ich folgende Überlegung anstellen: Ein drahtloser Ingenieur soll die Aufgabe lösen, einen Sender oder Empfänger mit guten Strahlungseigenschaften zu bauen, der gleichzeitig mit Wellenlängen von 50 ... 10 000 m arbeiten kann ohne irgendwelche Veränderung seiner Abstimmittel; das entspricht etwa der Aufgabe, einen Lautsprecher für 50 ... 10 000 Perioden zu konstruieren. Ein drahtloser Ingenieur würde es gar nicht wagen, an eine solche Aufgabe heranzugehen, die wir beim Lautsprecher, wohl ohne der Aufgabe bewußt zu werden, angefaßt haben. Wenn man bedenkt, wie sich ein Kurzwellenempfänger bzw. -sender von einem Langwellenempfänger bzw. -sender unterscheidet, und wenn man sich vorstellt, daß das alles in einem Organ vereinigt werden soll, dann versteht man die Schwierigkeit, die in der Aufgabe des Lautsprechers gegeben ist, und daß dessen Entwicklung noch lange nicht am Ziel sein kann. Und wenn man jetzt den naheliegenden Geschäftszweck außer acht läßt und als Physiker Versuche anstellen will, dann ist klar, daß man zunächst Lautsprecher für einen gewissen engeren Frequenzbereich bauen muß, um innerhalb desselben alles das zu studieren, was nötig ist, um den besten Wirkungsgrad zu erreichen. Natürlich muß man dann für das gesamte Frequenzband mehrere Lautsprecher verwenden. Für den jetzigen Konkurrenzkampf im Lautsprechergeschäft ist eine solche Anlage zwar unterlegen, aber auf lange Sicht würde ihre Entwicklung dem Fortschritt der Technik sehr nützen, und ich betrachte es als ein Verdienst des Herrn VOGT und seiner Mitarbeiter, daß sie unsere Kenntnis nach dieser Richtung hin bereichert haben. Vielleicht kommen wir eines Tages dazu, daß wir einen elektrostatischen Lautsprecher für hohe Frequenzen mit einem elektrodynamischen oder elektromagnetischen Lautsprecher für tiefe Frequenzen oder alle drei Typen zusammen verwenden und, jeden für den ihm geeigneten Frequenzbereich, nebeneinander benutzen. Ich glaube, von diesem Gesichtspunkt aus werden Sie das Problem und den Vortrag des Herrn VOGT besonders verstehen und würdigen. (Lebhafter Beifall.)

Herr **N. N.:** Liegen Messungen über den Wirkungsgrad elektrostatischer Lautsprecher und über die nichtlinearen Verzerrungen vor?

Vortragender: Messungen über den Wirkungsgrad elektrostatischer Schallstrahler sind vor etwa einem Jahr von Dr. MEYER und Dr. GRÜTZMACHER im Reichspost-Zentralamt gemacht worden. Vielleicht kann Herr Dr. MEYER selbst zu diesem Thema Stellung nehmen. Soweit mir die Zahlen in Erinnerung sind, wurden bei dem elektromagnetischen Lautsprecher Wirkungsgrade von etwa 7 % gemessen, bei dem elektrodynamischen Lautsprecher Wirkungsgrade von 1 oder 2 %, während die Wirkungsgrade des elektrostatischen Lautsprechers wohl auch in der Größenordnung von 1 oder 2 % lagen. Allerdings ist dabei zu bemerken, daß die Werte für den elektrostatischen Lautsprecher neuerer Konstruktion wahrscheinlich günstiger liegen werden.

Messungen über die nichtlinearen Verzerrungen liegen zunächst noch nicht vor, da mir noch die entsprechenden Einrichtungen fehlen. Es sind aber in meinem Laboratorium Untersuchungen mit der Braunschen Röhre angestellt worden und noch im Gange, um relativ kleine Amplitudenabnormitäten zu erkennen, zu lokalisieren und wenn möglich mittels geeigneter Anordnungen zu unterbinden. Ich möchte dabei noch bemerken, daß ein relativ einfaches Schwingungsorgan, wie es die gespannte und allseits gedämpfte und erregte Membran ist, mir als das übersichtlichste Gebilde erscheint, um ohne Mitschwingungen anderer Teile wie z. B. Anker, Spulen u. dgl., Schall zu erzeugen.

Über die Wirkungsgrade dürften auch die gezeigten Schalldruckkurven des Oszilloplans genügend Auskunft geben, sind sie doch unter denselben Bedingungen und Verhältnissen gewonnen wie die der Vergleichslautsprecher.

Herr Dr. **Meyer:** Ich kann bestätigen, daß die Messungen, die etwa 1½ Jahre zurückliegen, für den elektromagnetischen Lautsprecher an der Resonanzstelle einen Wirkungsgrad von 7 bis 8 %, für den elektrodynamischen Lautsprecher einen Wirkungsgrad von etwa 1 % und für den elektrostatischen Lautsprecher einen Wirkungsgrad von 2 % ergaben. Die Messungen wurden nach einem der Ulbrichtschen Kugelmethode ähnlichen Verfahren ausgeführt.

Herr **Gesell:** Ich möchte Herrn VOGT fragen, ob er über die Gestehungskosten noch etwas mehr als die eine Zahl von 6.50 RM sagen kann, da der Preis für die Einführung dieses Lautsprechers eine sehr entscheidende Rolle spielen wird.

Vortragender: Das ist eine Frage, die in das von Herrn Dir. HAHNEMANN hier abgetane Gebiet des Kommerziellen hineinspielt und demnach nicht Beratungsgegenstand unserer Fachgruppe sein kann. (Beifall.) Immerhin glaube ich, sagen zu können, daß der elektrostatische

Lautsprecher auf keinen Fall teurer sein wird als ein guter elektrodynamischer Lautsprecher.

Herr **Lubszynski:** Was Herr VOGT zeigen wollte, daß nämlich die hohen Frequenzen gerade bei dem elektrostatischen Lautsprecher ganz besonders gut vorhanden seien, kam meines Erachtens gar nicht zum Ausdruck; denn die S-Laute waren kaum zu verstehen, und die wiedergegebene Sprache klang sehr schlecht. Das liegt wahrscheinlich daran, daß die Rückkoppelung am Empfänger zu scharf angezogen war und dadurch die hohen Frequenzen infolge der zu späten Resonanzkurve abgeschnitten wurden. Man kann also aus den vorhin gezeigten Versuchen überhaupt keinen Schluß auf die Qualität des Lautsprechers ziehen, noch viel weniger auf die Qualität der Rundfunkübertragung, bei der die hohen Frequenzen auf alle Fälle gut übertragen werden.

Herr **Kappelmayer:** Eine Vorführung der Lautsprecher kann über die ästhetische Wirkung kaum ein richtiges Bild geben; man kann jedoch sehr wohl über Lautsprecher urteilen, wenn man sie über eine lange Zeitspanne, etwa einige Monate, untersucht und darauf achtet, ob die mechanische Musik befriedigt oder nervös macht. Je höher der Grad der Befriedigung, desto näher kommt sie dem Originalklang und desto besser wäre unter sonst gleichen Bedingungen der Lautsprecher. (Zustimmung.)

Herr Dr. **Huth:** Ich glaube, das Nervöswerden ist eine individuelle Eigenschaft. — Herrn HAHNEMANN, der sich hier als Idealist hingestellt hat, möchte ich erwidern, daß der Erfolg das Ausschlaggebende in der Technik ist. Wenn heute ein Lautsprecher angeboten wird, dann werden der Konstruktion immer ganz bestimmte Eigenschaften nachgesagt. Aber die Technik ist in dieser Beziehung weniger ideell; sie prüft, ob die nachgesagten Eigenschaften auch wirklich vorhanden sind. — Ich mache noch darauf aufmerksam, daß man die Platten, wenn man sie abdrehen will, erst einmal in Gips einbetten muß, weil sie so laute Heultöne dabei erzeugen, daß alles zusammenläuft.

Ich glaube, die Technik würde Herrn VOGT sehr dankbar sein, wenn er sich verpflichten würde, die beiden Platten für 6,50 M zu liefern.

Herr **Kappelmayer:** Die Ausgangslinie, d. h. die allgemeine neurotische Veranlagung ist nicht maßgeblich für die Größe der Einwirkung mechanischer Musik beim Menschen. Es ist gleich, wie hoch oder niedrig das Ausgangspegel liegt, da es für die Beurteilung der mechanischen Musik ja nur auf die Änderungen dieses Pegels ankommt, die sehr wohl absolut gewertet werden können.

Herr **von Ardenne:** Mir scheint beachtlich zu sein, daß die Kurven des elektrostatischen Lautsprechers grundsätzlich nicht die für die Wiedergabe sehr kritische Welligkeit aufweisen, die man bei allen Konuslautsprechern beobachtet. Ich vermute, daß dieser Unterschied an der gleichphasigen Erregung der gesamten Membran liegt. Vielleicht äußert zu diesem interessanten Punkte auch Herr Dr. MEYER seine Ansicht.

Herr **Meyer:** Es trifft tatsächlich zu, daß die elektrostatischen Lautsprecher eine gleichmäßigere Frequenzkurve haben als die dynamischen und magnetischen Lautsprecher. Das zeigt sich nicht nur bei dem Lautsprecher von VOGT, sondern auch bei den Reißschen Lautsprechern. Ich teile die Ansicht des Herrn v. ARDENNE, daß dies auf die gleichmäßige und gleichphasige Erregung zurückzuführen ist.

Vortragender: Es ist vielleicht zuviel gesagt, daß die Maxima und Minima fehlen. Es gibt natürlich welche, und es ist unmöglich, daß ein mechanisches System ohne Resonanzstellen funktionieren kann. Aber charakteristisch ist, und dies erklärt vielleicht physikalisch das, was Herr KAPPELMEYER subjektiv formuliert: beim elektrostatischen Lautsprecher sind weniger Extremstellen vorhanden, die Schalldruckkurve verläuft gleichmäßiger, es hämmern nicht einzelne Frequenzbereiche immer wieder in das Ohr. Das scheint mir die Ursache zu sein, daß der Hörer elektrostatisch erzeugte Lautsprechermusik länger ertragen kann und nicht nervös wird. Die Schalldruckkurven sind tatsächlich wesentlich gleichmäßiger. Die Ursache habe ich erwähnt. Zunächst ist die Dicke der schwingenden Membrane außerordentlich gering; sie beträgt etwa 15/1000 mm. Dann ist sie an allen Punkten gewissermaßen in eine Luftschicht eingebettet, auch greifen die erregenden Kräfte allseitig an. Die trotzdem noch vorhandenen Resonanzstellen sind wesentlich gemildert durch die besondere Ausgestaltung der Luftkompression. Ich sagte schon, daß ich mich bemüht habe, besonders den ersten und zweiten Grundton so zu unterdrücken, daß ihr Einfluß bedeutungslos wird.

Zu den Ausführungen des Herrn LUBSZYNSKI über die Klarheit der Sprache möchte ich folgendes sagen. Ich glaube klargemacht zu haben, daß es einfach nur eine Frage der Ankoppelung ist, den elektrostatischen Lautsprecher in einer Weise zu erregen, wie wir es wünschen. Wenn die Sprache zu dumpf ist, kann man mit dem Übersetzungsverhältnis etwas heruntergehen, denn dann wird die Anpassung für die oberen Töne besser. Es ist kein mechanisches, sondern ein leicht lösbares elektrisches Problem, den Lautsprecher auf das Frequenzbereich einzustellen, für das er gewünscht wird. Tatsächlich sind hier auch die Antennenverhältnisse sehr schlecht und die Rückkoppelung stark angezogen, wodurch die Seitenbänder stark litten. Dies wird auch dadurch bestätigt, daß die Schallplattenwiedergabe besser war als die Rundfunkübertragung, was sonst beim Ortsender nie der Fall ist.

Herr **Schüler:** Als Herr VOGT uns erklärte, daß die Membran Schwingungen von so großer Amplitude ausführt, daß sie sich der Elektrode merklich nähert, hatte ich den Gedanken, daß dann keine Proportionalität zwischen Spannung und Ausschlag bestehen kann, wie beim dynamischen Lautsprecher, sondern daß sich die Verhältnisse eher denen des elektromagnetischen Lautsprechers nähern müssen. Darauf ist auch von anderer Seite hingewiesen worden, aber Herr VOGT ist in seiner Erwiderung nicht darauf eingegangen. Ich möchte deshalb noch einmal fragen, ob hierdurch Nachteile entstehen. Wenn die Proportionalität n i c h t von praktischer Bedeutung ist, so kann ich eigentlich nicht einsehen, inwiefern ein elektrodynamischer Lautsprecher einem elektromagnetischen überlegen sein soll!

Vortragender: Es ist gut, daß Sie darauf hinweisen; das muß noch geklärt werden. Es trifft zu, daß das Feld mit dem Quadrat der Annäherung wächst, und es müßten notwendigerweise Amplitudenverzerrungen auftreten. Insofern haben Sie recht. Aber es ist folgendes zu bedenken. Erstens sind die Amplitudenverzerrungen nicht einseitig, sondern symmetrisch. Das macht schon etwas aus und verbessert die Sache. Ferner kommt hinzu: In dem Maße, wie das Blatt sich nähert, findet eine Verdichtung der in den Spalten befindlichen Luft statt, und man hat es in der Hand, durch die Dimensionierung der Kanäle ein elastisches Luftpolster dazwischen zu legen, das bei dem Herankommen der Membran an die ruhenden Elektroden eine zusätzliche, mechanisch-pneumatische Gegenkomponente entwickelt, die das Herankommen verlangsamt. Man kann das sehr gut in folgender Weise konstruieren: man mißt den Anfallpunkt, den man bei Dauerstandsfestigkeitsmessungen bestimmt hat, einmal mit Wechselstrom und sodann statisch und stellt dann fest, daß bei Wechselspannung ein sehr viel höherer Wert effektiv aufgebracht werden muß als bei Gleichspannung. Damit ist bewiesen, daß das Luftpolster eine Gegenkomponente bedeutet und die befürchteten Amplitudenverzerrungen jedenfalls zum größten Teil unterbindet. —

Der **Vorsitzende** dankt zum Schluß Herrn VOGT für seinen Vortrag und wünscht seiner mit großer Geduld und zäher Energie durchgeführten Arbeit weiteren Erfolg. (Lebhafter Beifall.) Auch den Diskussionsrednern wird Dank gesagt und die Hoffnung ausgesprochen, daß auch bei künftigen Auseinandersetzungen die belebende und frische Verbindung mit der Praxis nicht fehlen möge. (Beifall.)

Auf Wunsch zahlreicher Mitglieder ist der Vortrag am 4. XI. 1930 wiederholt worden.

Elektrotechnischer Verein.
Der Generalsekretär:
Dr. S c h m i d t.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker

(Eingetragener Verein.)

Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33.
Fernspr.: Amt C 4, Wilhelm 8864—8868.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 21312.

Bekanntmachungen.

Kommission für Meßinstrumente.

Unter Hinweis auf den in ETZ 1931, Seite 1281 u. ff. zur Veröffentlichung gelangten Schlußentwurf der „Regeln für Wandler" wird mitgeteilt, daß gemäß Beschluß der diesjährigen Jahresversammlung der Vorstand eine Verabschiedung vorgenommen hat.

Mit dem Inkrafttreten dieser Arbeit am 1. Januar 1932 werden gleichzeitig die bisherigen „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Meßwandlern" ungültig.

Kommission für Errichtungsvorschriften I.

Die frühere Kommission für Errichtungs- und Betriebsvorschriften hatte für den Anschluß von Fernmeldeanlagen an Gleichstromnetze die ab 1. Oktober 1923 geltenden

„Leitsätze für den Anschluß von Fernmeldeanlagen an Niederspannung-Starkstromnetze mit Hilfe von Einrichtungen, die eine leitende Verbindung mit dem Starkstromnetz erfordern"

herausgegeben.

Die Kommission für Fernmeldetechnik hat bei der Ausarbeitung der am 1. Januar 1932 in Kraft tretenden „Vorschriften und Regeln für die Errichtung elektrischer Fernmeldeanlagen V. E. F./1932" die vorerwähnten Leitsätze einer gründlichen Überarbeitung unterzogen und die in den Leitsätzen enthaltenen Bestimmungen als Vorschriften und Regeln in § 10 d) bis einschließlich Regel 8 der neuen V. E. F./1932 übernommen.

Die Kommission für Errichtungsvorschriften I hat daher bei dem Vorstande den Antrag gestellt, die obenerwähnten Leitsätze mit dem 1. Januar 1932 außer Kraft zu setzen. Gleichzeitig hat die Kommission die Zustimmung des Vorstandes zu folgenden redaktionellen Änderungen in § 15 der Errichtungsvorschriften V. E. S. 1./1930 und zwar ebenfalls ab 1. Januar 1932 beantragt:

Im § 15 i), erster Absatz, erhält der zweite Satz folgende geänderte Fassung:

„Soweit die Fernmeldeanlagen räumlich und elektrisch von dem Netz zuverlässig getrennt sind, unterliegen sie den „Vorschriften und Regeln für die Errichtung elektrischer Fernmeldeanlagen V. E. F."."

§ 15 i), dritter Absatz erhält folgenden geänderten Wortlaut:

„Der Anschluß an Gleichstromnetze ist zu vermeiden; ist dieses in besonderen Fällen nicht zu umgehen, so sind die Bestimmungen in § 10 der V. E. F. zu beachten."

Der Vorstand hat sowohl der Außerkraftsetzung der obengenannten Leitsätze als auch den ebenfalls vorstehend aufgeführten Änderungen von § 15 der Errichtungsvorschriften V. E. S. 1. und zwar mit Wirkung ab 1. Januar 1932 zugestimmt.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

10jähriges Bestehen der Elektrotechnischen Gesellschaft Halle a. S.

Sonnabend, den 24. Oktober 1931 fand in Halle a. S. im Stadtschützenhaus eine eindrucksvolle Feier der Elektrotechnischen Gesellschaft Halle a. S. statt, die von dem 1. Vorsitzenden, Direktor Dr. Fleig, durch einen Festvortrag über das bisherige Wirken der Elektrotechnischen Gesellschaft eingeleitet wurde. Unter den etwa 400 Teilnehmern war eine Reihe von Ehrengästen erschienen, von denen als Vertreter des VDE Herr Generalsekretär Schirp die Wünsche des Verbandes und der ihm angeschlossenen Vereine und Gesellschaften zum Ausdruck brachte.

Für den Elektrotechnischen Verein Leipzig und die Elektrotechnische Gesellschaft Magdeburg sprach Herr Obering. Voigt.

Der Film „Das Hohelied der Kraft" fand bei den Teilnehmern großes Interesse. Ein geselliges Zusammensein vereinigte Gäste und Mitglieder in angeregter Unterhaltung. *Schp.*

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker

Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33.

Betr. Zusammenstellung der erteilten Genehmigungen zur Benutzung des VDE-Zeichens bzw. des Verbandskennfadens.

Die VDE-Prüfstelle wird in Kürze einen Nachtrag nach dem Stande vom 1. Oktober 1931 zu der „Zusammenstellung der erteilten Genehmigungen zur Benutzung des VDE-Zeichens oder des Verbandskennfadens für isolierte Leitungen nach dem Stande vom 1. I. 1931" herausgeben.

Dieser Nachtrag wird gegen Einsendung des Portos kostenlos abgegeben.

Betr.: Unberechtigte Benutzung des VDE-Zeichens.

Die VDE-Prüfstelle hatte im April d. J. Strafantrag wegen unberechtigter Benutzung des VDE-Zeichens gegen den Geschäftsführer der Firma Hüttenbrauck & Co., Metallindustrie G. m. b. H., Unna i. W., gestellt. Laut Mitteilung der zuständigen Amtsanwaltschaft ist nunmehr der Geschäftsführer der Firma durch Urteil des Amtsgerichts in Unna i. Westf. vom 15. IX. 31 zu 100 RM, ersatzweise zu 20 Tagen Gefängnis, verurteilt worden.

Das Urteil ist rechtskräftig.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.
Zimmermann.

SITZUNGSKALENDER.

Elektrotechn. Verein Breslau. 17. XI. 1931, abends 8 h, El. Inst. der T. H.: Vortrag Dr.-Ing. M. Schleicher, „Die Berührungspunkte der Starkstromtechnik und der Schwachstromtecknik insbes. auf dem Gebiet der Fernmessung, der Fernsteuerung und der Fernregulierung, sowie der Automatik von Starkstromanlagen im weiteren Sinn".

Elektrotechn. Verein Düsseldorf. 17. XI. 1931, abds. 8 h, in den Räumen der Gesellschaft Verein, Steinstr. 10/16: Vortrag K. Baudisch, „Industrielle Verteilungsanlagen".

Oberrhein. Elektrotechn. Verein, Karlsruhe. 13. XI. 1931, abds. 8 h, Grashof-Hörsaal des neuen Maschinengebäudes der T. H.: Vortrag Dipl.-Ing. Bollmann, „Regeliertransformatoren in der Elektrizitätsversorgung".

Elektrotechn. Gesellschaft Magdeburg. 1) 17. XI. 1931, abds. 8¼ h, Festsaal der Ver. Techn. Staatslehranstalten für Maschinenwesen, am Krökentor 1: Vortrag Obering. Dr. Behne, „Die Verwendung von Kurzschlußläufern unter bes. Berücks. schwieriger Anlaufverhältnisse". 2) 15. XI. 1931, vorm. 10 h, 11 h u. 12 h (3 Gruppen): Besichtigung des Magdeburger Rundfunksenders. Anmeldung bei Herrn R. Busch, Magdeburg, Breiter Weg 258 (SSW).

Elektrotechn. Verein München. 13. XI. 1931, abds. 8 h, Hörsaal 818 der T. H.: Vortrag Dr.-Ing. Jaensch: „Die Verwendung von Käfigmotoren statt Schleifringmotoren" (verlegt vom 11. XI.).

Elektrotechn. Gesellschaft zu Nürnberg. 13. XI. 1931, abds. 8 h, Vortragsaal der SSW, Frauentorgraben 35: Vortrag Obering. Grünwald, „Von der Bleisicherung zur Hochleistungssicherung für vermaschte Netze".

Deutsche Beleuchtungstechnische Gesellschaft, Berlin. 19. XI. 1931, nachm. 5½ h, alter Phys. Hörsaal der T. H.: 1) Vortrag Dr. O. Reeb, „Äußere Verfahren der photographischen Empfindlichkeitsmessung". 2) Demonstrationsvortrag Dr. L. Busch, „Das latente Bild" (m. Film).

Physikalische Gesellschaft zu Berlin u. Deutsche Gesellschaft für technische Physik. 13. XI. 1931, abds. 7½ h, Helmholtzsaal des Harnackhauses, Berlin-Dahlem, Ihnestr. 16: Vortrag R. A. Millikan, „Neuere Untersuchungen aus dem Gebiete der Experimentalphysik".

Schiffbautechnische Gesellschaft, Berlin. 18. bis 21. XI. 1931: 32. Hauptversammlung in der Aula der T. H. mit 14 Vorträgen und Besichtigungen. Auskunft erteilt die Geschäftsstelle: Berlin W 35, Blumeshof 17.

LITERATUR.

Besprechungen.

Einführung in die Physik der Röntgen- und Gamma-Strahlen. Von M. u. L. de Broglie. Übersetzung von L. v. Seuffert m. einem Geleitwort v. Prof. L. Graetz. Von den Verf. erg. dt. Ausg. Mit 33 Abb. i. Text u. 11 Taf., VIII u. 208 S. in gr. 8°. Verlag Johann Ambrosius Barth, Leipzig 1930. Preis geh. 21 RM, geb. 23 RM.

Dies sehr anschaulich geschriebene Buch über den Zwiespalt zwischen der elektromagnetischen Theorie und der Quantentheorie, welcher die moderne Physik be-

herrscht, nimmt seinen Ausgang von einer kurzen Schilderung der Experimente, welche die Wellennatur der Röntgen- und Gamma-Strahlen beweisen, und der Versuche, welche die korpuskulare Natur dieser Strahlen zeigen. In weiteren dreizehn klar umrissenen Kapiteln werden die Einzelerscheinungen behandelt, so daß auch einem Fernerstehenden der ganze Fragenkomplex mit seinen experimentellen Unterlagen und den zugehörigen theoretischen Folgerungen nähergebracht wird. In den beiden letzten Abschnitten werden die Grundlagen der Wellenmechanik entwickelt, einer Theorie, welche versucht, die Strahlung mit der Materie in der Weise zu verknüpfen, daß man die letzten Eigenschaften der Materie rein statistisch zu beschreiben, den Korpuskeln (z. B. Elektronen) auch Wellen zuordnen muß, deren Frequenz mit der Energie der Korpuskeln in gesetzmäßigem Zusammenhang steht. Unter bestimmten Umständen liegt diese Frequenz innerhalb des bisher physikalisch Beobachtbaren. „Die neuen Wellen erscheinen dabei eher als eine Art von Rechnungskunst, um die Elektronenbahnen vorauszusagen, denn als ein neues physikalisches Phänomen; aber ihre wahre Natur wird sich nur durch neue Fortschritte auf dem so neuartigen Wege aufklären lassen, der soeben eröffnet wird". Und die Verfasser sind diejenigen, welche für diesen Weg erst den Grund gelegt haben. — Die Beigabe von elf instruktiven Tafeln erleichtert die Anschauung und das Verständnis. Dem gut ausgestatteten Buch kann man auch im deutschen Schrifttum weite Verbreitung wünschen.

E. Lübcke.

La soudure électrique à l'arc et ses applications. Von M. Lebrun. 2. Aufl . Mit 212 Abb. i. Text u. 251 S. in 8°. Bibliothèque de l'Office Central de l'Acétylène et de la Soudure Autogène, Paris 1929. Preis geh. 20 Fr.

Frankreich ist nicht so reich an schweißtechnischem Schrifttum wie Deutschland. Deshalb verdienen die wenigen dort erscheinenden Veröffentlichungen um so mehr Beachtung. Der Verfasser trägt manche Anschauungen vor, die er auch durch zahlreiches Versuchsmaterial beweist, welche in Deutschland vielfach bekämpft werden. So z. B. ist er der Ansicht, daß die Schweißungen mit getauchten und umhüllten Elektroden stets besser werden als die Schweißungen mit nackten Elektroden. Außerdem verficht er den Grundsatz, daß man mit dem Wechselstromschweißbogen gleich gute Schweißergebnisse erzielt wie mit dem Gleichstrombogen. Er kommt deshalb auf Grund eingehender Untersuchungen zu dem Schluß, daß dem Schweißtransformator genau die gleiche Bedeutung, wenn nicht höhere, zukommt wie dem Schweißumformer. Die Angaben des Verfassers über die Leistungsfaktoren von Schweißtransformatoren sind zu günstig. Er erwähnt wohl, daß man den Leistungsfaktor durch Parallelschaltung mit Kondensatoren verbessern kann, meint aber irrtümlicherweise, daß sich bei dem Betrieb von Kondensatoren gefährliche Überspannungen bilden können. Der Verfasser beschreibt nur französische Maschinen und Geräte bzw. solche, die die Franzosen von den Amerikanern übernommen haben. Bei den Untersuchungen über die Vorgänge im Lichtbogen interessieren die von Lucien Bull aufgenommenen Filme, die nach der gleichen Art gemacht worden sind wie die Filme, welche Hilpert und Thun angefertigt haben im Versuchsfeld für Schweißtechnik der T. H. Berlin. Sehr eingehend ist auch die magnetographische Untersuchung von Schweißnähten von A. M. Roux behandelt, eine Untersuchungsmethode, die in Deutschland noch zu wenig bekannt ist, und die jedenfalls billiger ist und scheinbar auch erfolgversprechender als die Untersuchungen mittels Röntgenstrahlen, die der Verfasser auch kurz behandelt. Zahlreich sind die Beispiele von ausgeführten Schweißungen. Leider sind die Abbildungen ziemlich schlecht und undeutlich, es sind durchweg französische, belgische und amerikanische Schweißarbeiten.

Das Büchlein kann zum Studium angelegentlichst empfohlen werden.

J. C. Fritz.

Theorie und Bau von Turbinen-Schnelläufern. Von Prof. Dr.-Ing. Dr. techn. h. c. V. Kaplan u. Prof. Dr. techn. A. Lechner. 2. Aufl. Mit 219 Abb., VII u. 301 S. in gr. 8°. Verlag R. Oldenbourg, München u. Berlin 1931. Preis geb. 18 RM.

Zwölf Jahre nach Inbetriebsetzung der ersten Kaplanturbine[1] nähert sich die Leistung der bisher gebauten Kaplanturbinen bereits der Million PS in einer jäh aufsteigenden Kurve. So lag genug Veranlassung vor, über den engen Kreis jener hinaus, die Zeugen der theoretischen und praktischen Entwicklung der Kaplanturbine waren, im Weiterbau des Buches Kaplans von 1908 der fachlichen Öffentlichkeit die Grundlagen dieser Entwicklung zugänglich zu machen. Im theoretischen Teil gibt Prof. Lechner eine außerordentlich klare und gründliche Darstellung der die elementare Hydraulik überschreitenden Grundlagen der Strömungslehre in Rotationshohlräumen, einschließlich der dreidimensionalen Strömungstheorie. Die Untersuchung der stationären Bewegung fester Körper in einer Flüssigkeit bietet die Grundlage für die Erkenntnis der Kavitationserscheinungen. An die Grundsätze der elementaren (Eulerschen) Turbinentheorie wird die Anwendung der Tragflügeltheorie und ihrer zunächst aus dem Gebiet der Aerodynamik geschöpften Erkenntnisse auf den Entwurf von Turbinenschaufelungen angeschlossen, wobei der „Trag"flügel in Umkehrung der Kraftwirkungsrichtung zum „bewegten" Flügel wird.

Im Abschnitt über die praktische Anwendung der zweidimensionalen Turbinentheorie erklärt Prof. Kaplan, ausgehend vom Turbinenhauptkreis nach Escher, in übersichtlichem graphischen Verfahren den Entwurf der Schaufelung als Brücke zwischen Theorie und Praxis, ergänzt durch die zweidimensionale Reibungstheorie. Allgemeine Leitsätze für den Entwurf von Mittelschnellläufern und Hochschnelläufern vertiefen die Lehren des theoretischen Teiles. Es konnte nicht die Aufgabe des Buches sein, Faustregeln aufzustellen zur mechanischen Nachkonstruktion. Es sollte Aufgabe sein, „wenigstens die Richtung anzuzeigen, welche begangen werden muß". Gerade darin aber liegt der Wert des Buches: ohne sich in Einzelheiten zu verlieren und ohne anderseits Lücken zu lassen dort, wo manches näher auszuführen, den Verfassern nicht angängig erschien[1], klare richtunggebende Grundlagen mathematischer und konstruktiver Art zu vermitteln, auf welchen der Einzelne weiterbauen kann.

Im weiteren Teil gibt Prof. Kaplan einen Rückblick auf die Entwicklungsgeschichte seiner Turbine bis zu den heutigen Größtausführungen unter besonderer Berücksichtigung der Wirkung und Gestaltung des Saugkrümmers als eines für Hochschnelläufer grundlegenden Turbinenteiles; endet doch diese Turbinengattung keineswegs hinter dem Laufradaustritt, sondern erst hinter dem Saugrohrende, wie schon ihre Theorie zeigt.

Ein Großteil jener, die das Buch mit dem Gefühl aus der Hand legen, daß seine Theorien mathematisch zwingend und seine konstruktiven Unterlagen selbstverständlich erscheinen, hat nicht miterlebt, mit welchem Kopfschütteln die ersten, der klassischen Hydraulik widersprechend scheinenden Veröffentlichungen Kaplans (1909 ff.) in weiten Kreisen der Theorie und Praxis aufgenommen wurden und wie sich sogar eine maßgebende Zeitschrift scheute, über die Erfolge mit Erstausführungen zu berichten. Zehn Jahre später ist man bei 7,4 m Laufraddurchmesser angelangt. Deshalb ist das von beiden Verfassern klar und knapp gehaltene und vom Verlag vorzüglich herausgebrachte Buch für Theorie, Praxis — und letzten Endes auch Geschichte der Wasserturbinen-Technik gleich wertvoll.

C. Reindl.

Patentgesetz und Gesetz, betr. den Schutz von Gebrauchsmustern. Systematisch erläut. von Prof. Dr. jur. H. Isay. 5. Aufl. Mit IV u. 782 S. in gr. 8°. Verlag von Franz Vahlen, Berlin 1931. Preis geh. 30 RM, geb. 34 RM.

Die 5. Auflage bietet wieder alle Vorzüge, durch die der wohlverdiente Ruf des Isayschen Kommentars begründet wurde. Die eigenartige Verbindung von systematischer und kommentarmäßiger Behandlung, der schöpferische Gedankenreichtum, die interessanten Begründungen, die klare Ausdrucksweise, die gründliche Materialbeherrschung, die lückenlose Heranziehung der Literatur zeichnen auch diese Auflage aus. Alle in der Zwischenzeit seit dem Erscheinen der 4. Auflage aufgetretenen neuen Streitfragen sind klar, gründlich und interessant behandelt. Die Abhandlung über das internationale Patentrecht hat der Verfasser ausgebaut und vervollständigt. Reiches Textmaterial von Gesetzen, Verordnungen, internationalen Abkommen usw. und ein detailliertes Sachregister sind beigefügt. Auch das gute Papier und der klare, angenehm lesbare Druck seien rühmend erwähnt.

Die 5. Auflage wird, wie ihre Vorgängerinnen, das unentbehrliche Werkzeug aller im gewerblichen Rechtsschutz Tätigen werden, das auf keine Frage eine Antwort schuldig bleibt.

H. Herzfeld.

[1] ETZ 1920, S. 162; siehe auch S. 515 u. 901; ferner ETZ 1925, S. 1581.

[1] Vgl. den Schriftwechsel von Baudisch und dem Besprecher in Wasserkraft 1925, H. 5, S. 82 u. H. 9, S. 155.

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Die N.-E.-Metallwirtschaft im Jahr 1930[1]. — In der Einleitung zu den „Statistischen Zusammenstellungen" der Metallgesellschaft A G., Frankfurt a. M., für 1930 wird an Hand von Kurvenbildern, die die Entwicklung von Produktion und Preisgestaltung in der Welt seit 1920 zeigen, zunächst darauf hingewiesen, daß erstere geradezu exakt den Verlauf des letzten weltwirtschaftlichen Konjunkturzyklus wiedergibt und die innige Verbundenheit der Metallmärkte mit dem Verlauf der internationalen Wirtschaftsentwicklung beweist. Dem Depressionsjahr 1921 folgte ein achtjähriger außergewöhnlicher Aufschwung der Erzeugung wie des Verbrauchs, der im Hochkonjunkturjahr 1929 seinen Höhepunkt erreichte und dann in sein Gegenteil umschlug, u. zw. unter sowohl zeitlich als auch dem Ausmaß nach nahezu völlig gleichförmiger Bewegung bei allen Metallen. Die Preisentwicklung zeigt bei weitem keine solche Übereinstimmung der Märkte, insofern sich die Preise zwischen den beiden konjunkturellen Wendepunkten 1921 und 1929 teilweise sehr verschieden gestalteten. Die gegenwärtigen Preise (August 1931) liegen, von Aluminium abgesehen, wesentlich tiefer als 1921 und man muß, wie die Metallgesellschaft sagt, in der Geschichte der Metallpreise weit zurückgehen, um ähnliche Tiefkurse zu finden, die bei Zink und Kupfer sogar Tiefstkurse sind. „Durch die allgemeine Verbundenheit der Märkte und im besonderen der internationalen Rohstoffmärkte ist die Grundtendenz der Preisentwicklung auch für die Rohmetalle durch die jeweilige weltwirtschaftliche Konjunkturlage beeinflußt und weitgehend bestimmt. Im Rahmen dieser weltwirtschaftlichen Grundrichtung ergeben sich zwar Abweichungen und Variationen, wobei neben Kartellpolitik, Zollpolitik und anderen Einflüssen mehr auch die besondere statistische Lage eines Marktes als Bestimmungsgründe für diese Sonderbewegungen aufzufassen sind. Gerade die Ereignisse der letzten Jahre zeigen, in welch geringem Umfang es auch den kartellierten Rohstoffmärkten möglich war, sich von dieser konjunkturellen Verbundenheit der Weltwirtschaft zu isolieren." Die unten folgende Übersicht gibt ein Bild der Entwicklung von Weltgewinnung und -verbrauch in den Jahren 1929/1930.

Was nun das für die Elektrotechnik besonders wichtige Kupfer betrifft, so kamen in den letzten fünf Jahren mehr als drei Viertel der Bergwerksproduktion aus Amerika, während gleichzeitig die Anteile Europas 9 %, Afrikas 8 % und Asiens 5 % betrugen. Im Vergleich zur Vorkriegszeit ist mit Ausnahme von Australien überall eine Steigerung der Gewinnungsziffern festzustellen, so infolge des Ausbaus der Kupferproduktion im Kongo und der Inangriffnahme neuer, mächtiger Erzvorkommen in Chile, Bolivien, Peru, Mexiko, Kanada, den V. S. Amerika und Kuba. Auch Asien (Japan) und Europa (besonders Spanien, Jugoslawien, Norwegen, Finnland) waren an der Produktionsmehrung beteiligt. Während nun auf den zuletzt genannten Erdteil im Durchschnitt der Jahre 1909/1913 rd. 60 % des Weltkupferverbrauchs entfielen, ist dieser Anteil im Durchschnitt der letzten fünf Jahre auf rd. 47 % gesunken, obwohl die absoluten Ziffern ganz beträchtliche Zunahmen aufweisen. Auf der andern Seite hat sich der Anteil Amerikas in derselben Periode von 36 auf 47 % und der Asiens von 3 auf 5 % erhöht. „Im Durchschnitt der Jahre 1909/1913 konnte der Kupferverbrauch der europäischen Industrieländer zu rd. einem Drittel aus der Produktion der europäischen Kupferhütten gedeckt werden, rd. zwei Drittel wurden aus Übersee eingeführt. Infolge der wesentlich stärkeren Verbrauchszunahme verschlechtert sich jedoch im Durchschnitt der letzten fünf Jahre dieses Verhältnis von Kupferverbrauch und Kupfererzeugung, so daß sich der Zuschußbedarf der europäischen Industrieländer in diesem Zeitraum auf rd. 80 % des europäischen Kupferverbrauchs erhöht." Während dieser in den kleineren Ländern mit wachsender Industrialisierung sehr beträchtlich gestiegen ist, haben in Großbritannien und Deutschland die Verbrauchsziffern im Durchschnitt der letzten Jahre ungefähr wieder das Niveau der Vorkriegszeit erreicht, über das sich aber die Verbrauchsziffern für Italien, Belgien, Frankreich und Rußland z. T. ganz bedeutend erheben. In Amerika entfiel der Konsumzuwachs vorwiegend auf die Vereinigten Staaten, die übrigen Länder sind mit einigen südamerikanischen Gebieten vorläufig noch die typischen Rohmetallproduzenten für den Export, da sich die Verarbeitung der Rohstoffe innerhalb der eigenen Grenzen noch im Stadium des allerersten Anfangs befindet. Ähnlich liegen die Verhältnisse in Afrika. In Asien ist der Hauptverbraucher Japan wieder zur Ausfuhr von Kupfer aus der eigenen Produktion übergegangen.

[1] Vgl. ETZ 1930, S. 1732.

N.-E.-Metalle	Bergwerksproduktion		Hüttenproduktion		Rohmetallverbrauch	
	1930	1929	1930	1929	1930	1929
	1000 t					
Aluminium[1]	—	—	267,1	276,8	209,4	276,0
Blei	1560,8	1662,4	1629,2	1743,3	1504,6	1688,8
Kupfer	1601,8	1937,8	1556,5	1885,0	1444,8	1759,5
Zink	1476,1	1689,6	1404,5	1457,3	1222,9	1433,9
Zinn	177,8	195,4	177,8	194,6	163,7	184,4
Länder	Kupfer					
Europa	177,6	171,0	187,2	165,9	729,5	775,3
Spanien	59,0	63,7	[2] 16,2	[2] 21,3	10,6	15,1
Europ. Rußland	37,0	25,0	35,0	25,0	.	.
Deutschland	25,0	29,1	59,2	53,6	185,8	216,4
Afrika	168,5	164,4	151,9	150,7	3,5	3,5
Belgisch Kongo	138,9	137,0	.	.	.	.
Amerika	1139,6	1497,2	1116,5	1476,1	630,0	894,3
V. S. Amerika	632,5	905,0	706,3	987,9	606,0	865,3
Chile	222,0	316,0	208,0	303,2	[3] 2,0	2,0
Kanada	137,6	112,5	101,6	72,7	[3] 20,0	23,0
Asien	101,1	92,2	87,8	81,3	78,0	78,4
Japan	79,8	74,6	79,8	74,6	69,0	70,4
Australien	15,0	13,0	13,1	11,0	3,8	8,0

Englands elektrotechnischer Außenhandel[4]. — Im September 1931 war die Einfuhr um 172 537 £ (32 %) größer als im Vormonat (533 071 £) und übertraf den für den September 1930 festgestellten Import um 23 070 £ (3%). Auch die Ausfuhr ist gegen den August (781 785 £) um 87 037 £ (11 %) gestiegen, zeigt aber im Vergleich zum Parallelmonat des Vorjahres eine Abnahme um 879 078 £ (50 %). Während der abgelaufenen neun Monate sind gegenüber der gleichen Periode von 1930 die Einfuhr um 1 440 930 £ (22,5 %) und die Ausfuhr um 4 966 038 £ (35 %) zurückgegangen.

Erzeugnisse	Einfuhr in £		Ausfuhr in £	
	1931	1930	1931	1930
	September			
Maschinen	117 247	111 147	387 088	398 528
Waren u. Apparate	588 361	571 391	481 734	1 349 372
	705 608	682 538	868 822	1 747 900
	Januar/September			
Maschinen	1 075 227	1 358 829	3 241 012	4 745 009
Waren u. Apparate	3 878 076	5 035 404	5 799 764	9 261 805
	4 953 303	6 394 233	9 040 776	14 006 814

Elektrotechnischer Außenhandel der V. S. Amerika[5]. — Nach den vorläufigen Feststellungen ist die Ausfuhr elektrischer Maschinen, Apparate und Zubehörteile im August 1931 bei 7 269 138 $ um 2 399 340 $ (25 %) hinter der des Parallelmonats von 1930 (9 668 478 $) zurückgeblieben. Die Verringerung betraf mit wenigen Ausnahmen fast alle Erzeugnisse, insbesondere kleinere Gleichstromgeneratoren, Transformatoren, Starkstromschalttafeln und größere Schalter, Elektromotoren, Kühlvorrichtungen, elektrische Fächer und Staubsauger sowie nicht näher bezeichnete Fernsprech- und andere elektrische Apparate. In den abgelaufenen acht Monaten betrug der Wert der Ausfuhr 64 860 990 $, d. s. 26 814 770 $ (29 %) weniger als in derselben Periode von 1930 (91 675 760 $).

[1] Produktion und Verbrauch. — [2] Ohne Schwarz- und Zementkupfer. — [3] Geschätzt.
[4] El. Review Bd. 109, S. 648 (1931). Vgl. ETZ 1930, S. 1604; 1931, S. 1264.
[5] El. World Bd. 98, S. 713 (1931). Vgl. ETZ 1931, S. 1320.

Berichtigung.

Im Bericht „Das Schweißen von Nichteisen-Metallen", ETZ 1931, S. 1364, ist bei einigen Exemplaren der Auflage in der linken Spalte, zwischen der 30. und 31. Zeile von unten, durch ein Versehen der Setzerei eine Zeile herausgefallen. Nach Einfügung dieser Zeile und Streichung der 28. Zeile von unten lauten dann die beiden betroffenen Sätze richtig: „Versuche mit der Arcatom-Schweißung haben in Hinblick auf die Festigkeit der Schweißnaht noch nicht befriedigt. Monelmetall läßt sich mit Zusatzdraht aus Monelmetall autogen schweißen."

Abschluß des Heftes: 7. November 1931.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 16 250 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

ETZ

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

Inhalt von Heft 47 der **ETZ**

Inhalt des neuesten Heftes des **Archiv** f. Elektrotechnik

47. HEFT • 52. JAHRGANG • IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W9
(1429—1456) 19. November 1931

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

52. Jahrgang | Berlin, 19. November 1931 | Heft 47

Ein Erregertransformator für die Saugdrosselspule in Gleichrichteranlagen.

Von Dr.-Ing. W. Nowag, Mannheim.

Übersicht. Bei vollkommener Entlastung einer Gleichrichteranlage mit Saugdrosselspule tritt unterhalb einer kritischen Belastung eine Spannungserhöhung von etwa 15 % auf. Diese Spannungserhöhung kann vermieden werden, wenn die Saugdrosselspule durch eine fremde Stromquelle dreifacher Frequenz magnetisiert wird. Hierzu eignet sich am besten ein ruhender Frequenzwandler. Wirkungsweise, Aufbau und Bemessung eines derartigen Saugdrossel-Erregertransformators werden beschrieben.

In neuzeitlichen Gleichrichteranlagen hat die Saugdrosselspule[1] eine wesentliche Bedeutung erlangt, weil sie die beste Ausnutzung von Gleichrichter und Transformator gestattet[2]. Bekanntlich bewirkt die Saugdrosselschaltung (Abb. 1) gegenüber einer normalen Sechsphasenschaltung ein gleichzeitiges Brennen von mindestens 2 Anoden, wodurch deren Ströme sich wie beim Dreiphasen-Gleichrichter über 120° ausdehnen. Das Sechsphasensystem wird in zwei Dreiphasensysteme *uvw* und *xyz* zerlegt, welche unabhängig voneinander brennen. Damit die entsprechenden Phasen der beiden Systeme gleichzeitig Strom führen können, müssen die Anoden auf gleiches Potential gebracht werden, u. zw. auf das Mittel der beiden Dreiphasen-Gleichrichterspannungen (Abb. 2 *e*), was durch Einfügen einer Spannung von 150 Hz in die Nullpunktsverbindung O_1O_2 geschieht. Bei der Saugdrosselschaltung ist das die Spannung der Saugdrosselspule (Abb. 2 *c*). Ihr Effektivwert beträgt $u_s \approx 0{,}25\, U_0$. Sie tritt auf, sobald der Magnetisierungstrom der Saugdrosselspule (i_s) fließt, dessen Verlauf für einen Momentanwert in Abb. 1 durch Pfeile gekennzeichnet und dessen Kurvenform aus Abb. 2 *d* zu entnehmen ist. Er muß über zwei Anoden und den Lichtbogen fließen und ist den eigentlichen Anodenströmen überlagert. Solange diese kleiner sind als der Magnetisierungsstrom, kann infolge der Ventilwirkung der Anoden der Strom nicht fließen, also die Spannung an der Saugdrosselspule nicht entstehen. Der Gleichrichter muß sechsphasig arbeiten, d. h. es wechseln immer Anodenströme des einen Dreiphasensystems mit denen des anderen Systems, welche zusammen das Sechsphasensystem bilden, z. B. *x* mit *w* (Abb. 1), wobei die Anoden etwa über 60° brennen. Im Leerlauf tritt also die Spannung des Sechsphasen-Gleichrichters auf:

$$U_{g_0} = u_e \cdot \frac{\sqrt{2} \cdot 3}{\pi},$$

worin u_e die effektive Phasenspannung bedeutet.

Mit zunehmender Belastung bildet sich allmählich der Magnetisierungstrom und damit die Spannung an der Saugdrossel aus (Abb. 3); die Anodenströme erhalten dabei entsprechend der Kurven A ... C eine Ausdehnung auf 120° und nehmen bei der sog. kritischen Belastung, bei welcher sich der Magnetisierungstrom voll ausgebildet hat, die unter Abb. 3 C gezeichnete Form an.

Abb. 1. Sechsphasenschaltung eines Gleichrichters mit Saugdrossel. (Pfeile bezeichnen Verlauf des Magnetisierungstromes der Saugdrossel.)

a Phasenspannung des Transformators uO_1, vO_1, wO_1, xO_2, yO_2, zO_2
b Spannung wO
c Spannung an der Saugdrossel O_1O } 150 Hz
d Magnetisierungsstrom der Saugdrossel } 150 Hz
e Gleichspannung

Abb. 2. Gleichspannung und Anodenspannung sowie Magnetisierungstrom und Spannung an der Saugdrossel.

---

[1] DRP. 309 598.

[2] Meyer-Delius, Elektrizitätswirtsch. Bd. 29, S. 77 (1930). Döllenbach u. Gerecke, Arch. El. Bd. 14, S. 188 (1924).

Der Vorgang ist folgender. Zuerst wechseln sich nur Phasen des Systems UVW mit denen von XYZ ab (Abb. 3 A). In diesem Falle wirkt die Saugdrosselspule wie eine Anodendrosselspule mit großer Reaktanz. Das Ansteigen und Abfallen der sich ablösenden Anodenströme erfolgt unter dem Einfluß der Saugdrosselreaktanz sehr langsam. Die Anodenströme erzeugen dabei in der Drossel große Abfälle, so daß auch die Gleichspannung stark abfällt (Abb. 4).

Bei Belastungszunahme aber lösen sich auch Phasen des gleichen Systems in der Stromführung ab (Abb. 3 B und C). Für das Ansteigen und Abfallen dieser sich ablösenden Ströme kommt die Saugdrosselreaktanz nicht in Frage (Abb. 1), sondern nur die Kurzschlußreaktanz des Transformators. Vernachlässigt man diese gegenüber der Saugdrosselreaktanz, so erfolgt das Einsetzen und Aufhören der Ströme momentan.

Abb. 3. Ausbildung des Magnetisierungstromes der Saugdrossel von Leerlauf bis kritischer Belastung und Überlagerung mit dem Anodenstrom.

Die Spannungskurve der Gleichspannung entspricht beim Anodenstrom A dem Linienzug *mabnc*, beim Anodenstrom B dem Linienzug *mabqn* und bei C dem Linienzug *manc*, wo die Saugdrosselspannung voll vorhanden ist und die Gleichspannung den Wert bei dem sog. Knick in der Spannungscharakteristik

$$U'_{g_0} = u_e \frac{3}{\pi} \cdot \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}}$$

erreicht hat (Abb. 4).

Bei weiterer Belastung brennen die beiden Dreiphasensysteme für sich, für den Abfall ist nur noch die Transformatorreaktanz maßgebend. Er beträgt bei üblichen Transformator-Kurzschlußspannungen von 6 ... 9 % etwa 4 ... 6 %.

Bei C ist dem Mittelwert des Anodenstromes $I_g/2$ der Magnetisierungstrom der Saugdrossel I_s, ein Wechselstrom von 150 Hz überlagert. Der Maximalwert eines Anodenstromes ist gerade so groß, daß die Wechselstromwelle sich voll ausbilden kann. Sie fließt aus einer Anode, z. B. X, heraus und in eine zweite Anode, z. B. W, hinein (Abb. 3 C und D). Für den aus der Kathode des Gleichrichters herausfließenden Strom heben sie sich auf. Dieser Strom ist ein reiner Gleichstrom, unter Voraussetzung einer vollkommenen Glättung im Gleichstromkreis, was bei Bahnanlagen mit Serienmotorenbelastung praktisch zutrifft.

Man kann den Magnetisierungstrom der Saugdrossel in praktischer Annäherung als Sinusstrom betrachten und erhält folgende Beziehung für den kritischen Belastungsstrom:

$$i_{g_0} = 2\sqrt{2}\, i_s,$$

wobei i_s der Magnetisierungstrom der Saugdrosselspule (Effektivwert) ist. Der kritische Belastungstrom i_{g_0} ist um so kleiner, je geringer i_s, d. h. je größer die Reaktanz der Drosselspule ist. In solchen Fällen, wo die Spannungserhöhung unterhalb der kritischen Last von Nachteil sein kann, ist man bestrebt, i_s klein zu halten. Man führt die Saugdrossel so aus, daß die kritische Belastung bei etwa ½ % des Vollaststromes liegt. Will man die Spannungserhöhung ganz vermeiden, so muß die Magnetisierung bei der kleinen Last, wo der Gleichrichter diese nicht zuläßt, durch eine fremde Stromquelle erfolgen, welche eine Spannung von 150 Hz in richtiger Größe und Phase entsprechend Abb. 2 und 3 liefern kann.

Abb. 4. Spannungsanstieg unterhalb des kritischen Stromes.

Die beste Lösung zur Erzeugung einer derartigen Spannung ist ein statischer Frequenzwandler 50/150 Hz, welcher mit seiner Sekundärwicklung der Saugdrosselspule parallel geschaltet ist und bereits im Leerlauf des Gleichrichters die erforderliche Spannung an der Saugdrosselspule bzw. den Magnetisierungstrom liefert[3]. Man kann diesen Frequenzwandler als Saugdrossel-Erregertransformator bezeichnen. Seine Wirkungsweise beruht auf der Verzerrung der Feld- und Spannungskurve eines hochgesättigten Eisenkernes. Bekanntlich verlangt bei hoher Sättigung eines Eisenkernes ein sinusförmiger Fluß bzw. eine sinusförmige Spannung einen stark verzerrten Magnetisierungstrom. Wie aus der Magnetisierungskurve graphisch ermittelt werden kann, ist dieser Strom besonders durch eine dritte Harmonische stark verzerrt (Abb. 5 a und b), er hat eine spitze Form. Verhindert man, daß die dritte Harmonische sich im Magnetisierungstrom ausbilden kann, z. B. indem man drei Einphasenwicklungen eines Dreiphasensystems in Stern verkettet (Abb. 6 a), so entsteht zwangläufig in der Feldkurve bzw. in den Spannungskurven die dritte Harmonische; die Feldkurve wird dadurch zu einer abgeflachten, die Spannungskurve zu einer spitzen verzerrten Kurve (Abb. 5 c). Bei den Kurven ist der bei hohen Sättigungen geringe Einfluß der Hysterese vernachlässigt. Bei Sättigungen von 16 000 ... 18 000 Gauß beträgt die dritte Harmonische etwa 40 ... 60 % der Grundwelle. Um sie herauszusieben, kann man die Tatsache benutzen, daß die Summe der Grundwellen im Drehstromsystem Null ist, während die dritten Harmonischen sich in den

Abb. 5. Magnetisierungstrom, Fluß und Spannung bei hoher Sättigung (Vernachlässigung der Hysterese).

[3] DRP. angem. (BBC).

drei Phasen addieren. Schaltet man die Sekundärwicklungen der drei Einphasentransformatoren (Abb. 6) in Serie, so erhält man an den offenen Klemmen eine Spannung dreifacher Frequenz. Die Spule mit Eisenkern wirkt also wie ein Frequenzwandler. Sie entnimmt dem Netz Energie mit der Grundfrequenz von 50 Hz und verwandelt diese in Energie der dreifachen Frequenz von 150 Hz. Es gibt eine Reihe von Schaltungskombinationen für das Heraussieben der dritten Harmonischen aus den verzerrten Kurven, je nachdem, ob man die verzerrten Spannungs- oder Strom- bzw. Feldkurven addiert. Abb. 6 a und c zeigen die Addition der Spannungskurven, Abb. 6 b die Addition der Feldkurven in einem Transformator mit viertem Schenkel (der vierte Schenkel führt nur einen Fluß dreifacher Frequenz) und Abb. 6 d zeigt die Addition der verzerrten Ströme. Durch die Dreieckschaltung ist hier ermöglicht, daß im Strom die dritten Harmonischen fließen. In einem besonderen Transformator erzeugen die A-W. der drei Ströme ein Feld der dreifachen Frequenz, welches in der Sekundärwicklung die Spannung von 150 Hz erzeugt. Der dreiphasige Anschluß einer derartigen Einrichtung nach Abb. 6 kann an der Sekundärseite des Gleichrichtertransformators, aber auch an ein Hilfsnetz mit gleicher Frequenz und Phase erfolgen. Bei Verschiebung der Phase des Hilfsnetzes um 30° kann die Schaltung nach 6 d angewendet werden.

Abb. 6. Verschiedene Schaltungsmöglichkeiten zur Elimination der 3. Harmonischen.

Abb. 8. Gleichrichterbetrieb bei Leerlauf ($I_g = 0$) mit und ohne Zusatzeinrichtung.

Abb. 9. Erregertransformator für Saugdrossel, bestehend aus 3 Einphasentransformatoren.

Was die Bemessung derartiger Frequenzwandler betrifft, so ist der Ausnutzungsfaktor schlecht. Das Verhältnis der aufzuwendenden Voltampere der Magnetisierungsleistung der Grundfrequenz zu den benötigten Blind-Voltampere der dreifachen Frequenz für die Saugdrosselspule beträgt etwa 10 ... 15 : 1, je nach der Bauart und Sättigung.

Wesentlich für einen guten Ausnutzungsfaktor ist ein geringer magnetischer Widerstand für den Fluß der dritten Harmonischen — dieser muß sich durch Eisen schließen — und eine enge Verkettung zwischen Primär-, Sekundärwicklung und Eisen.

Belastet man eine Einrichtung nach Abb. 6 rein induktiv, so erhält man eine Kurve, wie sie in Abb. 7 dargestellt ist, also praktisch eine Gerade. Die Leerlaufspannung entspricht der dritten Spannungsharmonischen in Abb. 5 c, der Kurzschlußstrom der dritten Stromharmonischen in Abb. 5 b. Trägt man aus den Momentanwerten von Strom und Spannung die Blind-kVA-Zahl auf, so erhält man eine parabolische Kurve, deren Scheitelwert den Maximalwert der erreichbaren Blind-kVA von 150 Hz darstellt. In diesem Punkt beträgt die Spannung etwa 50 % des Leerlaufwertes und der Strom etwa 50 % des Kurzschlußwertes. Die dritten Harmonischen in der Leerlaufspannung bzw. im Kurzschlußstrom betragen im günstigsten Falle etwa 60 % des Effektivwertes der Grundwelle, so daß sich die aufzuwendenden Voltampere der Grundfrequenz günstigstenfalls ergeben zu:

Abb. 7. Spannungs- und Leistungskurve eines induktiv belasteten Frequenzwandlers.

Abb. 10. Erregertransformator für Saugdrossel, bestehend aus einem Fünfschenkel-Transformator.

$$N_{150\,\mathrm{Hz}} = 0{,}6 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}6 \cdot 0{,}5 \cdot N_{50\,\mathrm{Hz}} = 0{,}09\, N_{50\,\mathrm{Hz}}$$

oder

$$N_{50\,\mathrm{Hz}} = 11\, N_{150\,\mathrm{Hz}} \quad [\mathrm{VA}].$$

In dem Beispiel der Abb. 7 beträgt $i_s = 2$ A, der kritische Belastungstrom darnach $i_{g_0} = 5{,}66$ A; $\mu_s = 200$ V, die Magnetisierungsleistung der Saugdrossel also 400 VA, so daß 4400 VA bei 50 Hz aufzuwenden sind. Bei drei Transformatoren nach Abb. 6 a ergibt sich auf jeden Transformator rd. 1,5 kVA. Infolge der höheren Sättigung und der geringeren Sekundärleistung ist das Modell nur etwa 70 % des eines normalen Transformators gleicher kVA-Zahl.

Aus der Saugdrosselleistung errechnet sich die Gleichrichterleistung nach obigen Angaben wie folgt:

$$U_g \approx 4 \cdot 200 = 800 \text{ V},$$

$$I_g \approx 2\sqrt{2} \cdot 2 \cdot 200 = 1130 \text{ A},$$

$$L_g \approx 900 \text{ kW},$$

d. h. die Leistung der Einrichtung beträgt etwa 0,5 % der Gleichstromleistung. An Verlusten kommen im

wesentlichen die Eisenverluste in Betracht. Sie betragen bei dem vorliegenden Beispiel etwa 500 W. Würde man zur Beseitigung der Spannungserhöhung statt der Einrichtung einen Belastungswiderstand verwenden, so würden in diesem dauernd etwa $800 \cdot 5{,}66 = 4530$ W vernichtet werden. Die Ersparnisse durch die geschilderte Einrichtung wiegen also die Anschaffungskosten bald auf.

Oszillographische Messungen an derartigen mit dem Gleichrichter zusammengeschalteten Saugdrossel-Erregertransformatoren zeigten, daß die zugeführte Spannung in der Phase richtig ist, so daß die Anodenspannung die Trapezform erhält (Abb. 8). Auch unterhalb der kritischen Belastung brennen die einzelnen Anoden bereits über 120°. Die Spannung des Erregertransformators hat freilich noch zusätzliche Oberharmonische, so daß nicht genau die Spannung bei dreiphasigem Betrieb erreicht wird und von der kritischen Belastung bis Leerlauf ein geringer Spannungsanstieg von etwa 2 % verbleibt, was jedoch gegenüber 15 % ohne Einrichtung nicht ins Gewicht fällt.

Spannungsschwankungen auf der Wechselstromseite von ± 5 % sind praktisch ohne Nachteil. Sie vergrößern im ungünstigsten Falle die Spannungserhöhung auf etwa 3 %. Der Erregertransformator ist für die niedrigst auftretende Spannung zu bemessen.

Für den Fall, daß die Spannung des Erregertransformators etwas größer ist als die an der Saugdrossel ohne Einschaltung des Erregertransformators, treten kleine Ausgleichströme auf, welche jedoch belanglos sind. Auch bei größeren Belastungen des Gleichrichters tritt keine schädliche Beeinflussung des Gleichrichterbetriebes ein. Geht die Spannung an der Saugdrossel mit der Belastung in die Höhe, so geht der von der Erregereinrichtung gelieferte Strom etwas zurück.

Saugdrossel-Erregertransformatoren sind mehrfach ausgeführt. Abb. 9 zeigt eine Ausführung mit drei Einphasentransformatoren und Abb. 10 eine solche mit einem Fünfschenkel-Transformator. Beide haben im Betrieb zu keinen Anständen geführt. Der Vorteil einer derartigen Einrichtung gegenüber früher verwendeten selbsttätig wirkenden Grundbelastungseinrichtungen liegt darin, daß keine bewegten Teile und keine Relais notwendig sind, welche bei den häufigen Schaltungen leicht zu Versagern führen.

Übertragung der Stabilitäts- und Schwingungsbedingungen von Gleichstromkreisen auf Wechselstromsysteme*.

Von **Erich Friedländer**, Berlin.

Übersicht. Es wird versucht, die Stabilitäts- und Schwingungsbedingungen von Wechselstromsystemen auf die leicht übersehbaren Bedingungen in Gleichstromkreisen zurückzuführen. Dabei zeigt sich, daß der Spannungsresonanzkreis (Reihenschaltung von Induktivität und Kapazität) Eigenschaften besitzt, die denen einer Induktivität im Gleichstromkreis ähnlich sind, während der Stromresonanzkreis (Parallelschaltung von Induktivität und Kapazität) in seinem Verhalten mit dem einer Kapazität vergleichbar ist. Aus dem hiermit entstehenden Gleichstrom-Analogon zu einer gegebenen Wechselstromanordnung lassen sich die Voraussetzungen, unter denen sich stabile Amplitudenschwingungen einstellen, sowie die ungefähre Frequenz dieser Schwingungen ermitteln. Die Überlegungen werden weiter dazu benutzt, den mit eisengesättigten Drosselspulen erzeugten Amplitudenschwingungen analoge Vorgänge unter dem Einfluß anderer Spannungsbegrenzungen im Schwingungskreis an die Seite zu stellen. Man darf vermuten, daß auch strombegrenzende Mittel zur Anfachung von Amplitudenschwingungen führen können.

1. Einleitung.

Wir kennen in der Elektrotechnik eine ganze Reihe von Leistung verbrauchenden Anordnungen, bei denen in einem Teil der Strom-Spannungs-Charakteristik der Spannungsbedarf mit wachsender Stromstärke abnimmt. In diesen Fällen sind bekanntlich Verstärkerwirkungen, Instabilitäten und damit auch häufig selbsterregte Schwingungen möglich. Solche Vorgänge an Organen mit „fallender Charakteristik", die von einer Gleichstromquelle gespeist werden, hat man schon seit langem zur Umformung von Gleichstrom in Wechselstrom technisch ausgenutzt[1].

Die Voraussetzungen und Folgen von Stabilitätsstörungen, wie sie sich in Wechselstromkreisen erstmalig bei Resonanzanordnungen mit eisenhaltiger Induktivität gezeigt haben, scheinen jedoch auf den ersten Blick nicht ebenso leicht zu übersehen. Allein schon die Entscheidung, welcher von den 3 Stromwerten, die beim eisenhaltigen Spannungsresonanzkreis in einem gewissen Spannungsbereich die Gleichgewichtsbedingung erfüllen, einem stabilen, welcher einem labilen Gleichgewichtszustand entspricht, ist bei genauerer Prüfung nicht mit genügender Sicherheit allein aus Spannungsüberschuß und Stromzu- oder -abnahme, mit deren Beachtung man sich bisher geholfen hat, zu fällen.

Es soll im folgenden ein Versuch gezeigt werden, sowohl die Stabilitätsbedingungen im Wechselstromkreis als auch damit die Grundlage für eine einfache Erklärung der selbsterregten Amplitudenschwankungen in gekoppelten eisenhaltigen Schwingungskreisen[2] durch Rückführung auf die bekannten Beziehungen in Gleichstromanordnungen zu finden. Wir werden hierzu zunächst noch einmal die Stabilitätsbedingungen und die Entstehung von Schwingungsvorgängen in Gleichstromkreisen als Folge einer fallenden Charakteristik in ihren Grundzügen zusammenfassen, um dann die vom Gleichstromkreis bekannten Gesetzmäßigkeiten mit einem geeigneten Schlüssel auf den Wechselstromkreis zu übertragen.

2. Grundlagen der Schwingungserzeugung in Gleichstromkreisen.

a) Leistungsbilanz und Stabilitätsbedingung.

Bevor wir mit der Aufstellung spezieller Stabilitätsbedingungen beginnen, wollen wir uns an die physikalischen Voraussetzungen für jeden stabilen Zustand auf Grund der Leistungsbilanz des Stromkreises erinnern[3]. Die Leistungsbilanz wird im stationären Gleichgewichtsfalle dadurch befriedigt, daß in jedem Augenblick die von der speisenden Energiequelle abgegebene Leistung durch Verluste bzw. Abgabe von Energie beliebiger Form vollkommen aufgezehrt wird. Eine Störung des Gleichgewichts bedeutet, daß die Energielieferung mit dem Energieverbrauch aus irgendeinem Grunde nicht in Einklang geraten ist. Der daraus folgende Überschuß oder Mangel an Leistung bewirkt eine notwendige Änderung des stationären Energieinhaltes des Systems, indem überschüssige Leistung zur Steigerung des Energieinhaltes, fehlende Leistung zur Energieentnahme aus dem vorhandenen Vorrat zwingt. Die Charakteristiken der Einzelelemente einer ganzen Anordnung legen nun für jeden Gleichgewichtspunkt einerseits den Energievorrat fest, anderseits läßt sich in einfachen Fällen auch leicht angeben, ob im Falle einer Abweichung von der Gleichgewichtslage Leistung frei wird oder Mangel eintritt. Fällt nun z. B. freiwerdende Leistung im System mit abnehmendem Energieinhalt zusammen, so wird das System von selbst in seine Gleichgewichtslage zurückgeführt, es ist s t a b i l. Im umgekehrten Falle treibt die notwendige Erfüllung der Leistungsbilanz den gedachten Betriebspunkt immer weiter vom Gleichgewicht weg, das System ist l a b i l. Wir lesen daraus die allgemeine Stabilitätsforderung für eine Gleichgewichtslage ($N_a = N_v$) ab:

$$\frac{d\,(N_a - N_v)}{d\,W} < 0; \qquad (1)$$

dabei ist N_a die Leistungsabgabe der speisenden Quelle, N_v der Leistungsverbrauch der Anordnung und W der Energieinhalt des Systems. Stellen wir uns in Abb. 1 z. B. die Größe $(N_a - N_v)$ in Abhängigkeit von W aufgetragen vor, so wird ersichtlich, daß P_1 ein stabiler, P_2 ein labiler Gleichgewichtspunkt sein muß. Leider läßt sich eine so eindeutige Zuordnung von Leistungsüberschuß und Energieinhalt nur in den einfachsten Fällen angeben.

---

* Vortrag, gehalten im Elektrotechnischen Verein am 27. I. 1931.

[1] Vgl. z. B. Barkhausen, Das Problem der Schwingungserzeugung, Leipzig 1907.

[2] Diese Vorgänge sind vorwiegend durch eine Reihe von Arbeiten aus dem Phys. Institut der T. H. München (J. Zenneck) bekannt geworden. Vgl. hierzu den Vortrag von R. Mayer, ETZ 1930, S. 1645, sowie die Diskussion hierüber (S. 1664), an die die vorliegende Arbeit anknüpft.

[3] Barkhausen, wie Fußnote 1.

Man sieht daraus deutlich, daß es in allen Fällen erforderlich ist, die in einem System vorhandenen Energiespeicher in jede Stabilitätsbetrachtung einzubeziehen. Eine Aufstellung von Stabilitätsbedingungen ohne Beachtung der Energiespeicher ist nicht möglich[4]. Wir wollen uns daher zunächst die Identität der bekannten Stabilitätsbedingungen in Gleichstromkreisen unter Berücksichtigung der im System vorhandenen Induktivitäten und Kapazitäten mit dem aus der Leistungsbilanz formulierten Stabilitätskriterium klar machen und dann die Bedingungen des Leistungsgleichgewichts für Wechselstromkreise aufsuchen.

Abb. 1. Stabilitätskennzeichen nach der Abhängigkeit des Leistungsüberschusses vom Energieinhalt.

Abb. 2. Lichtbogenschaltung.

b) Stabilität von Einspeichersystemen.

Bilden wir für den einfachsten Fall einer Drosselspule mit Widerstand im Gleichstromkreis die Beziehung nach Gl. (1), so finden wir

$$\frac{\mathrm{d}\,(N_a - N_v)}{\mathrm{d}\,W} = \frac{\mathrm{d}\,(U\,i - i^2 R)}{\mathrm{d}\left(\frac{L}{2}\,i^2\right)} = \frac{U - 2\,i\,R}{i\,L}$$

und für $N_a = N_v \quad (U = i\,R)$

$$\frac{\mathrm{d}(N_a - N_v)}{\mathrm{d}\,W} = -\frac{R}{L} = -\frac{1}{T} < 0 \qquad (2)$$

als Stabilitätsforderung. Das bedeutet, daß das Vorzeichen der Zeitkonstante eines solchen einfachen Kreises uns — das scheint auch ganz selbstverständlich — bereits die Auskunft darüber gibt, ob das System stabil ist oder nicht. Übertragen wir dieselbe Überlegung auf einen Lichtbogen mit vorgeschalteter Induktivität und Widerstand (Abb. 2), so folgt ohne jede schwierige Rechnung die Stabilitätsbedingung, wenn wir uns nur vorstellen, daß die Neigung $\mathrm{d}u/\mathrm{d}i$ der Lichtbogencharakteristik u in Abb. 3 an der Stelle des untersuchten Gleichgewichtspunktes $u = U - i\,R$ den Charakter eines negativen Widerstandes für die Ausgleichvorgänge besitzt. Wir können uns gewissermaßen den uns interessierenden Teil der Charakteristik aus einer konstanten Spannungsquelle u_0, die sich zur treibenden Spannung U_0 zuschlagen läßt, und einem vorgeschalteten negativen Widerstand entstanden denken. Nennen wir diesen negativen Widerstand Q, den Schaltungswiderstand R, so wird die Zeitkonstante des Systems $T = \frac{L}{R + Q}$ nur dann positiv werden, wenn $|R| > |Q|$ ist. Das ist aber nichts anderes als das 1. Kaufmannsche Kriterium. Ebenso leicht übersehen wir auch den umgekehrten Fall, daß einer Entladungstrecke ein Kondensator parallelgeschaltet ist. In diesem Fall wird die Zeitkonstante, wie man der Abb. 4 entnimmt, $T = C\,\frac{Q\,R}{Q + R}$ nur dann positiv, wenn $|Q| > |R|$ ist, d. h. die Verhältnisse liegen diametral zu denen beim Lichtbogen, der über eine Induktivität gespeist wird. Das erste Kaufmannsche Kriterium gilt für diesen Fall nicht[5].

Abb. 3. Lichtbogencharakteristik. Ermittlung des negativen Widerstandes und der Gleichgewichtslagen.

Abb. 4. Entladungstromkreis mit Parallelkapazität.

c) Vereinfachte allgemeine Stabilitätsprüfung.

Wenn wir nunmehr auf etwas verwickeltere Schaltungen eingehen wollen, bei denen die Stabilitätsverhältnisse, weil mehr als ein Energiespeicher vorhanden ist, nicht mehr durch eine einfache Zeitkonstantenbestimmung übersehen werden können, so ist es zweckmäßig, wenn wir an dieser Stelle eine kurze Skizze eines Weges einschieben, der uns die schnelle Beurteilung der Stabilitätsbedingungen auch in verwickelteren Fällen ermöglicht. Bekanntlich lassen sich alle Ausgleichvorgänge in linearen Systemen durch eine Zeitfunktion beschreiben, die als eine Summe von einzelnen e-Funktionen dargestellt werden kann. Die Exponenten dieser e-Funktionen müssen so beschaffen sein, daß jeder einzelne Summand die Gleichgewichtsbedingungen des Stromkreises für sich erfüllt. Zweckmäßig führt man in die Rechnung von vornherein wegen der Eigenart aller Exponentialfunktionen von der Form $y = Y e^{p\,t}$, daß $\mathrm{d}y/\mathrm{d}t = p\,Y e^{p\,t} = p\,y$ sein muß, den von der Heavisideschen Operatorenrechnung her wohlbekannten Operator $p = \mathrm{d}/\mathrm{d}t$ ein, und zwar am einfachsten gleich in das Schaltbild[6], indem der Operator so, wie wir es in der symbolischen Vektorrechnung der Wechselstromtechnik gewohnt sind, den Induktivitäten und Kapazitäten sinngemäß angefügt wird. Wir schreiben also für den Widerstandsoperator einer Induktivität $p\,L$, für den einer Kapazität $1/p\,C$ und brauchen nur zu untersuchen, für welche Werte von p die Kirchhoffschen Gesetze für den im übrigen spannungslos zu denkenden Stromkreis der Ausgleichströme erfüllt werden. Wenn wir uns also nach Abb. 5 ein beliebig vermaschtes System vorstellen mit den Knotenpunkten A und B, die wir ganz willkürlich herausgreifen, so muß für diese die Bedingung bestehen:

Abb. 5 u. 6. Gesamtableitung und Gesamtwiderstand einer Widerstandsgruppe.

$$\sum i = u \sum A = 0 \qquad (3)$$

$\left(\sum A = \text{Ableitung aller möglichen Schaltungswege}\right)$,

woraus ohne weiteres folgt, daß $\sum A = 0$ sein muß. Ganz entsprechend kann man auch so vorgehen, daß man sich die Schaltung nach Abb. 6 z. B. bei S aufgeschnitten denkt. Hier kommt man aus der Forderung

$$\sum u = i \sum R = 0 \qquad (4)$$

$\left(\sum R = \text{Widerstand der gesamten übrigen Strombahn}\right)$

zu dem Ergebnis, daß $\sum R = 0$ sein muß. Man erhält so unmittelbar die sog. „Stammgleichung", eine Gleichung n-ten Grades von p, deren n Wurzeln uns die einzelnen gesuchten Exponenten der e-Funktionen unmittelbar angeben. Hat man diese Wurzeln gefunden, so besteht die einzige Forderung für die Stabilitätsbedingung darin, daß kein positiver reeller Bestandteil in irgendeinem der p-Werte vorkommen darf[7]. Wir wollen uns hier auf Schaltungen beschränken, in denen nur 2 Energiespeicher vorkommen. In diesen Fällen bekommen wir eine quadratische Gleichung für p, deren Lösung sofort zu übersehen ist.

[4] Der strenge Nachweis hierfür findet sich bei Busch, Stabilität, Labilität und Pendelungen in der Elektrotechnik (Leipzig 1913). Man macht sich die Richtigkeit dieser Regel auch leicht daran klar, daß auf Grund der Leistungsbilanz in einem energiespeicherlosen System eine noch so kleine aber endliche Abweichung von der Gleichgewichtslage eine unendlich große Entfernung vom Gleichgewichtspunkt in verschwindend kurzer Zeit zur Folge haben müßte. Infolgedessen wären in einem idealen speicherlosen System überhaupt keine kleinen Gleichgewichtstörungen möglich. Versucht man also in einem solchen Falle überhaupt eine Bedingung auf Grund einer hypothetischen Störung aufzustellen, so hat man, welchen Weg man für die weiteren Rechnungen auch einschlägt, vor dem ganzen den Faktor Null stehen. Daher kann man insbesondere auch nicht aus Reihenentwicklungen und ihren Konvergenz- oder Divergenzbedingungen Rückschlüsse ziehen. [Z. B. bei K. Heegener, Z. Hochfr.-Techn. Bd. 29, S. 151 (1927) und ebenso Steimel, Z. Hochfr.-Techn. Bd. 36, S. 161 (1930)].

[5] Man sieht daraus, daß die Anwendung des Kaufmannschen Kriteriums stets eines besonderen Berechtigungsnachweises bedarf. Eine Verallgemeinerung auf beliebige Fälle ist nicht zulässig.

[6] Vgl. z. B. A. Hund, Hochfrequenz-Meßtechnik, Berlin 1928.

[7] Eine Beantwortung der Stabilitätsfrage ohne den Zwang, Gleichungen n-ten Grades zu lösen, also für beliebig komplizierte Systeme, ist von Hurwitz angegeben worden: Mathem. Ann. Bd. 46, S. 273 (1899).

d) Lichtbogenschwingungen.

Wir betrachten zunächst den in Abb. 7 skizzierten Fall, in dem einem Lichtbogen mit Induktivität noch ein Kondensator zugeschaltet wird. Ersetzt man den Lichtbogen wieder durch einen negativen Widerstand, der die Neigung der Charakteristik an der Gleichgewichtstelle widerspiegelt, und nimmt man den inneren Widerstand der Spannungsquelle als verschwindend klein an, so ist der so entstehenden Ersatzschaltung nach Abb. 8 nach dem oben Gesagten sofort die Stammgleichung zu entnehmen. Wir bilden hierzu die Summe der Ableitungen

Abb. 7. Störung der Lichtbogenstabilität durch Zuschalten eines Kondensators.

Abb. 8. Ersatzschaltbild zu Abb. 7.

$$\frac{1}{R} + \frac{1}{Q + p L} + C p = 0, \tag{5}$$

woraus sofort die quadratische Gleichung

$$p^2 + p\left(\frac{1}{C R} + \frac{Q}{L}\right) + \frac{R + Q}{R} \frac{1}{L C} = 0 \tag{6}$$

und damit die Lösung

$$p = -\frac{1}{2}\left(\frac{1}{C R} + \frac{Q}{L}\right) \pm j \sqrt{\frac{1 + \frac{Q}{R}}{L C} - \frac{1}{4}\left(\frac{1}{C R} + \frac{Q}{L}\right)^2} \tag{7}$$

folgt. Diese Gleichung läßt erkennen, daß 2 Bedingungen erfüllt sein müssen, damit das System stabil ist. Es muß

$$R + Q > 0 \text{ sein (1. Kaufmannsches Kriterium)} \tag{8}$$

und ferner

$$\frac{1}{C R} + \frac{Q}{L} > 0 \text{ (2. Kaufmannsches Kriterium).} \tag{9}$$

Ist Gl. (8) nicht befriedigt, so hat das System keine charakteristische Eigenfrequenz, anderseits an der untersuchten Stelle auch keine stabile Gleichgewichtslage. In diesem Falle können nur periodische Kippvorgänge (Kippschwingungen)[8] auftreten, so wie bei Systemen mit einem einzigen Energiespeicher, bei denen die Gleichgewichtslage gestört wird, falls nicht ein Überspringen auf eine andere, stabile Gleichgewichtslage möglich ist. In der Mehrzahl der uns bekannten Anordnungen mit Organen, die eine fallende Charakteristik besitzen, ist das letztere der Fall, so daß eine Nichtbefriedigung der Gl. (8) dann gar nicht in Erscheinung treten kann.

Der uns meist interessierende Fall ist der, daß Gl. (8) erfüllt ist, die Stabilitätsbedingung des Systems dagegen durch das Hinzukommen der Kapazität gestört wird. In diesem Falle enthalten die beiden Wurzeln von p stets einen positiven reellen und außerdem, sofern

$$\frac{1}{L C} \frac{R + Q}{R} > \frac{1}{4}\left(\frac{1}{R C} + \frac{Q}{L}\right)^2$$

ist, auch einen imaginären Bestandteil. Der letztere Fall bedeutet, daß wir nahezu sinusförmige angefachte Schwingungen bekommen, deren Amplitude so lange anwächst, bis infolge der Krümmung der fallenden Charakteristik der mittlere negative Widerstand ϱ_{mittel} so klein geworden ist, daß das Dämpfungsglied [Gl. (9)] gerade verschwindet[9]. Schwingt also z. B. der Lichtbogen längs der mit Pfeilen in Abb. 9 angedeuteten Charakteristik mit wachsender Amplitude um den Punkt P herum, so dreht sich die die „mittlere" Neigung darstellende Gerade der Pfeilrichtung entsprechend soweit, bis die Anfachung der Schwingungen aufhört. Da uns bekanntlich das Dämpfungsglied ein Maß für die während einer Schwingungsperiode aus dem Energievorrat des schwingenden Systems verbrauchte Leistung gibt, so sehen wir in der in Abb. 10 dargestellten qualitativen Änderung der Dämpfung mit der Schwingungsamplitude das Analogon zu der in Abb. 1 gezeigten notwendigen Beziehung zwischen Leistungsüberschuß und Energieinhalt für den stabilen Gleichstromkreis. Ist die Bedingung nicht erfüllt, daß $\frac{d\,\delta}{d\,I} < 0$ ist, so sind auch stabile Schwingungsamplituden nicht möglich[10]. In diesem Falle richtet es sich genau, wie wir oben für den stationären Gleichstrom schon gesehen hatten, nur danach, ob für einen anderen Wert der Schwingungsamplitude noch die Gleichgewichtsbedingung der zugeführten und verbrauchten Leistung erfüllt wird oder nicht, um beurteilen zu können, ob die Schwingung nur auf einen anderen stationären Amplitudenwert übergeht oder ob sich selbsterregte Amplitudenschwankungen ausbilden müssen, wie sie ja z. B. bei Röhrensendern u. U. vorkommen.

Abb. 9. Änderung des mittleren negativen Widerstandes mit der Schwingungsamplitude beim Lichtbogen.

Abb. 10. Zusammenhang zwischen Dämpfung und Amplitude bei stabiler Schwingung.

e) Einfluß des Eigenspeichers im Steuerorgan.

Wir wollen nun Gl. (6) noch einmal in einer anderen Form schreiben, um uns ein Bild davon zu machen, wo die Notwendigkeit anfängt, sehr kleine Energiespeicher, wie z. B. alle möglichen Eigenkapazitäten und -induktivitäten einer Anordnung, mit zu berücksichtigen. Wir schreiben demgemäß

$$p^2 R C + p\left(1 + \frac{Q R C}{L}\right) + \frac{R + Q}{L} = 0 \tag{10}$$

und lassen die Kapazität C nach Null konvergieren. Dann sehen wir sofort, daß wir zwanglos auf die einfachste Stabilitätsbedingung des Lichtbogens mit Induktivität, d. h. auf das erste Kaufmannsche Kriterium, geführt werden, und daß auch unsere Stabilitätsbedingungen um so weniger von einem kleinen Zusatzkondensator beeinflußt werden, je kleiner wir ihn machen.

Anders wird es aber, wenn wir in der gleichen Anordnung versuchen wollen, die Induktivität L nach Null konvergieren zu lassen. Schreiben wir, um diesen Fall zu übersehen, Gl. (6) in der Form

$$p^2 \frac{L}{Q} + p\left(1 + \frac{L}{R C Q}\right) + \frac{R + Q}{R} \frac{1}{Q C} = 0, \tag{11}$$

so sehen wir, daß wir das Vorzeichen aller Glieder selbst beim Grenzübergang auf Null entscheidend durch das Vorhandensein einer noch so kleinen Induktivität beeinflussen, weil das p^2-Glied einen negativen Koeffizienten enthält: der Übergang von der quadratischen auf die lineare Gleichung beim Verschwinden von L müßte daher mit einem plötzlichen Vorzeichenwechsel aller Koeffizienten verbunden sein. Wir entnehmen daraus eine für alle Stabilitätsbeurteilungen wesentliche Regel, daß der mit dem negativen Widerstand unmittelbar strom- oder spannungsabhängig (beides gleichzeitig ist ja unmöglich) verknüpfte Energiespeicher unter gar keinen Umständen vernachlässigt werden darf, mag er auch noch so klein sein. Das ist der Grund, warum zunächst die statischen Stabilitätsbedingungen von Lichtbogen und Elektronenröhre voneinander verschieden sein müssen[11]; denn dem Lichtbogen haftet, wie Simon[12] gezeigt hat, infolge der Hysteresis in allen Fällen eine stromabhängige Trägheit an, ähnlich der einer vorgeschalteten „Eigeninduktivität", während

[8] Vgl. Arch. El. Bd. 16, S. 273 (1926); Bd. 17, S. 1 u. 103 (1926); Bd. 20, S. 158 (1928).

[9] Barkhausen, wie Fußnote 1. — Ist im Gleichgewichtspunkt $\frac{1}{L C} \frac{R + Q}{R} < \frac{1}{4}\left(\frac{1}{R C} + \frac{Q}{L}\right)^2$, so treten besonders stark verzerrte Schwingungen auf, die im Grenzfall $L \rightarrow 0$ wieder als Kippschwingungen behandelt werden dürfen. Vgl. auch van der Pol, Z. Hochfr.-Techn. Bd. 28, S. 178 (1926); Bd. 29, S. 114 (1927); ferner F. Kirschstein, Arch. El. Bd. 24, S. 731 (1930).

[10] Vgl. W. Runge, Arch. El. Bd. 13, S. 34 (1924).

[11] H. Barkhausen, Phys. Z. Bd. 27, S. 43 (1926).

[12] Vgl. Busch, Stabilität, Labilität und Pendelungen in der Elektrotechnik, Leipzig 1913.

die Elektronenröhre stets mit einer „Eigenkapazität“ behaftet zu denken ist[13].

f) Stabilitätsbedingung der Dynatronschwingung.

Der Grund, warum sich das Dynatron[14], d. h. eine gewöhnliche Dreielektroden-Hochvakuumröhre, die nach dem Vorschlag von A. W. Hull durch eine hohe positive Gitterspannung zwischen Anode und Kathode Bereiche fallender Charakteristik erhält, auch hinsichtlich seiner Schwingungsstabilität umgekehrt verhält wie der Lichtbogen, findet sich in der Form seiner Charakteristik, die der des Lichtbogens diametral entgegengesetzt ist. Diese bewirkt, wie Abb. 11 zeigt, daß mit steigender Amplitude der mittlere Betrag des negativen Widerstandes zunimmt. Die Folge davon ist, daß stabile Schwingungen des Dynatrons auch nicht in der gleichen Schaltung möglich sind, wie wir sie beim Lichtbogen vorhin betrachtet haben, vielmehr muß das Dynatron parallel zu seinem eigentlichen Schwingungskreis liegen, während der Lichtbogen mit seinem negativen Widerstand in Reihe geschaltet sein mußte. So entsteht die in Abb. 12 gezeigte Dynatron-Schwingschaltung, deren Ersatzschaltbild Abb. 13 wiedergibt. Wir entnehmen diesem Schaltbild wie oben die Stammgleichung

Abb. 11. Änderung des mittleren negativen Widerstandes mit der Schwingungsamplitude beim Dynatron.

Abb. 12. Dynatron-Schwingschaltung.

$$\frac{1}{Q} + \frac{1}{pL + R} + pC = 0 \qquad (12)$$

und daraus

$$p^2 + p\left(\frac{1}{QC} + \frac{R}{L}\right) + \frac{R+Q}{Q}\,\frac{1}{LC} = 0 \qquad (13)$$

$$p = -\frac{1}{2}\left(\frac{1}{QC} + \frac{R}{L}\right) \pm j\sqrt{\frac{R+Q}{Q}\,\frac{1}{LC} - \frac{1}{4}\left(\frac{1}{QC} + \frac{R}{L}\right)^2}. \qquad (14)$$

Da hier der negative Widerstand im Gegensatz zu Gl. (7) im Nenner des Dämpfungsgliedes steht, finden wir unsere obige Stabilitätsbedingung auch bei dieser vollkommen umgekehrt liegenden Charakteristik dadurch wieder erfüllt.

Abb. 13. Ersatzschaltbild zu Abb. 12.

Abb. 14. Strom i und magnetischer Energieinhalt W_m einer Wechselstrom-Drosselspule.

3. Erregung von Amplitudenschwingungen in Wechselstromsystemen.

Wenn wir nun versuchen wollen, die im vorstehenden Teil kurz zusammengefaßten Gesetze, die für den Stromkreis mit treibender Gleichspannung gelten, auf reine Wechselstromkreise zu übertragen, so werden wir als erstes die einzelnen Schaltungselemente, die uns in Wechselstromkreisen begegnen, auf ihre Eigenschaften prüfen müssen und sehen, ob wir insbesondere den Feldenergiespeichern (Induktivität und Kapazität) im Gleichstromkreis zutreffende Analoga an die Seite stellen können. Dann werden wir die analogen Stabilitätsbedingungen und schließlich entsprechende Formen von Charakteristiken und damit die Schwingungsbedingungen suchen müssen.

a) Induktivität und Kapazität allein im Wechselstromkreis.

Das bekannte Verhalten einer einzelnen Induktivität mit Verlustwiderstand, die wir an eine Wechselspannung anlegen, zeigt uns, daß die Induktivität im Wechselstromkreis keinen eigentlichen Energiespeicher darstellt. In Abb. 14 ist z. B. der Stromverlauf und Energieinhalt einer Drosselspule dargestellt für den Fall, daß wir in einem Augenblick einschalten, in dem der Strom auch im Beharrungszustand durch Null gegangen wäre[15]. In diesem Falle stellt sich ein mittlerer Energieinhalt des Systems gewissermaßen sprunghaft ein. Trotzdem kann aber von einer Speicherung nicht die Rede sein, weil die in die Induktivität einfließende Energiemenge innerhalb jeder Periode einmal aus dieser vollständig wieder verschwindet. Die Induktivität bestimmt also ähnlich dem Widerstand nur einen Zusammenhang zwischen Strom und Spannung, ohne eine Verzögerung in die zeitliche Einstellung des Effektivwertes dieser Größen zu bringen. Ganz genau entsprechend verhält sich auch ein Kondensator allein im Wechselstromkreis.

b) Resonanzkreise als Energiespeicher.

Ein bezüglich der Energiespeicherung wesentlich von dem der einzelnen Induktivität oder Kapazität abweichendes Bild begegnet uns bei der Untersuchung von Resonanzkreisen. Betrachten wir zunächst der Einfachheit halber einen genau auf Resonanz abgestimmten Schwingungskreis aus Induktivität und Kapazität, die wir nach Abb. 15 in Reihe an eine Wechselspannung anlegen, so wissen wir, daß der Effektivwert der Stromamplitude im Gegensatz zum Einschaltvorgang bei der reinen Induktivität sich nach einer Exponentialfunktion aufschaukelt (Abb. 16), in ganz ähnlicher Weise, wie wir es vom Gleichstromkreis mit Induktivität her kennen. Verfolgt man für einen solchen Stromresonanzkreis einmal die Änderung der Amplitude für den Fall einer Gleichgewichtstörung, indem man für die Spannung die Form $u = U \sin(\omega t)$, für den Strom $i = I(t) \cdot \sin(\omega t + \varphi)$ voraussetzt, die Stromamplitude also als Zeitfunktion veränderlich darstellt und mit diesen Bedingungen in die Gleichung der Augenblickswerte des Resonanzkreises eingeht:

Abb. 15. Spannungsresonanzkreis.

Abb. 16. Strom und Gesamtenergie (W_m magnetische Energie, W_u elektrische Energie) eines abgestimmten Resonanzkreises nach dem Einschalten.

$$u = R\,i + L\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} + \frac{1}{C}\int i\,\mathrm{d}t, \qquad (15)$$

so findet man für den Resonanzfall $\left(\omega L - \frac{1}{\omega C} = 0\right)$ $\varphi = 0$ und unter Vernachlässigung von Gliedern höherer Ordnung die Bedingung

$$U \sin(\omega t) - I(t)(\sin \omega t)\,R = 2L\frac{\mathrm{d}I(t)}{\mathrm{d}t}\sin(\omega t). \qquad (16)$$

In Gl. (16), die allerdings keinen Anspruch auf eine allgemeine exakte Lösung erheben darf, tritt charakteristisch in die Erscheinung, daß die Komponente der Spannung, die zur Steigerung der Amplitude erforderlich ist, eine Wirkkomponente sein muß. Das erinnert daran, daß es für die Untersuchung von Stabilitätsbedingungen der Amplitude in Wechselstromkreisen erforderlich sein muß, die zur Verfügung stehende bzw. überschüssige oder fehlende Leistung nach den Wirkkomponenten von Strom bzw. Spannung einzusetzen. Anderseits ist der Energieinhalt beim Stromresonanzkreis durch den Effektivwert der Stromamplitude gekennzeichnet.

Einen solchen abgestimmten Resonanzkreis können wir in einem Wechselstromkreis offenbar mit gleichem Recht beliebig in Reihe einfügen, ohne an den stationären Gleichgewichtsbedingungen etwas zu ändern, wie eine Induktivität im Gleichstromkreis.

Ist der Resonanzkreis nicht genau abgestimmt, so bekommen wir einerseits beim Einschalten bekanntlich eine überlagerte Schwingung anderer Frequenz, die zu einer Schwebungsamplitude führt[15], anderseits ändert im Behar-

[13] Dem entspricht der entgegengesetzte Umlaufsinn der „dynamischen Charakteristik“ dieser Organe (vgl. Abb. 9 und 11).
[14] Vgl. z. B. H. G. Moeller, Elektronenröhren, Braunschweig 1923.
[15] Vgl. z. B. R. Rüdenberg, Elektrische Schaltvorgänge, Berlin 1923.

rungszustand, wie Abb. 17 zeigt, der Energieinhalt periodisch seinen Betrag, wobei aber immer noch ein beträchtlicher Energierest über alle Perioden hinweg im System erhalten bleibt. Man stellt sich für diesen Fall zweckmäßig eine Zerlegung in einen genau abgestimmten Kreis und eine Zusatzinduktivität oder Kapazität vor. Beim Einschaltvorgang müssen dann noch Erscheinungen berücksichtigt werden, die allerdings von dem Verhalten einer Induktivität im Gleichstromkreis abweichen. Jedoch zeigt auch der nicht genau abgestimmte Spannungsresonanzkreis im Beharrungszustand die charakteristischen Eigenschaften eines Speichers mit stromgebundenem Energieinhalt.

Abb. 17. Strom und Gesamtenergie eines unterhalb der Resonanzfrequenz erregten Schwingungskreises (Beharrungszustand).

Abb. 18. Stromresonanzkreis.

In völlig analoger Weise läßt sich die Parallelschaltung von Induktivität und Kapazität insbesondere in Resonanznähe als Energiespeicher mit spannungsgebundenem Energieinhalt deuten. Wie der Kondensator im Gleichstromkreis seinen Energieinhalt bei gegebenem Vorwiderstand mit einer endlichen Zeitkonstante steigert, im Beharrungszustand aber nur einen spannungsgebundenen Energieinhalt besitzt, ohne, von Verlusten abgesehen, noch Strom aufzunehmen, so verhält sich auch der genau auf Resonanz abgestimmte Stromresonanzkreis im Wechselstromnetz, den wir z. B. wie in Abb. 18 über einen Vorwiderstand R_v an eine Wechselspannung anschließen. Wir sehen also, daß wir in einer Wechselstromanordnung einen abgestimmten Stromresonanzkreis irgendeinem beliebigen Schaltungsteil offenbar parallel schalten können, ohne an den Gleichgewichtsbedingungen des Kreises etwas zu ändern. Man erkennt jedoch an diesem Vergleich, daß wir trotzdem die Stabilitätsbedingungen u. U. durch Zusatz abgestimmter Schwingungskreise ganz analog umstoßen werden, wie wir es in Gleichstromkreisen beim Zusatz von Induktivitäten bzw. Kapazitäten gesehen haben.

c) Stabilitätsbedingungen des Spannungsresonanzkreises mit Eiseninduktivität an konstanter Wechselspannung.

Wir wenden unsere bisherigen Überlegungen nun darauf an, die Frage zu entscheiden, welche möglichen Gleichgewichtspunkte eines Eisen-Kippresonanzkreises stabil, welche labil sind. Abb. 19 zeigt die bekannte Effektivwert-

Abb. 19. Effektivwert-Charakteristiken des Spannungsresonanzkreises mit Eisendrossel.

Charakteristik[16] der Anordnung mit z. B. den 3 Gleichgewichtstellen *1, 2, 3.* Wie wir bereits gesehen haben, kann diese Entscheidung nur auf Grund der Änderung der freiwerdenden Wirkkomponente in der treibenden Spannung mit dem Energieinhalt, d. h. mit der Stromamplitude des Resonanzkreises gefällt werden. Hierzu ist in Abb. 20 das Spannungsdiagramm des Eisen-Resonanzkreises in räumlicher Darstellung aufgetragen, und zwar sind in der Papierebene die Spannungen an Induktivität und Kapazität, also die Blindkomponenten bezogen auf die Stromrichtung dargestellt, senkrecht zur Papierebene in Parallelprojektion die Wirkkomponenten, die der Einfachheit halber als allein durch Joulesche Verluste verursacht angenommen sind. Betrachten wir jetzt den mittleren Gleichgewichtspunkt *2* und stellen uns eine durch eine plötzliche Spannungsänderung verursachte Gleichgewichtstörung im Sinne

Abb. 20. Phasenbeziehungen im Eisen-Resonanzkreis, perspektivisch dargestellt.

einer Spannungsvergrößerung vor, so zeigt das in Abb. 21 herausgezogene Teilvektordiagramm des Gleichgewichtspunktes *2* bei einer geringen Vergrößerung der Spannung (bzw. Übergang zu einem höheren Strom bei gleichbleibender Spannung) das notwendige Auftreten eines positiven Leistungsüberschusses, denn die Größe der Blindkomponente ist an die Stromamplitude gebunden, ein Spannungsüberschuß muß auch hier von der zeitlichen Änderung der Amplitude unter Verbrauch einer Wirkkomponente aufgenommen werden. Bei diesem Resonanzkreis ist der Energieinhalt des Systems eindeutig durch den Strom allein bestimmt. Daher treibt hier ein Überschuß an Wirkleistung das System von seinem Gleichgewichtspunkt fort, der untersuchte Punkt ist also labil.

Abb. 21. Teilvektordiagramm für Punkt *2* in Abb. 20.

Abb. 22. Spannungsresonanzkreis mit Parallelbelastung zum Kondensator.

d) Störung der Stabilitätsbedingung des Eisen-Resonanzkreises durch äußere Energiespeicher.

Würden wir den Resonanzkreis nicht wie eben angenommen mit konstanter Spannung und verschwindend kleinem Vorwiderstand, sondern z. B. von einer sehr hohen Spannung über einen großen Vorwiderstand erregen, wie in Abb. 19 strichpunktiert angedeutet ist, so müßte derselbe Gleichgewichtspunkt, der sich eben als labil herausgestellt hat, zweifellos stabil werden. Sowohl die Charakteristik des Eisenresonanzkreises als auch seine Eigenschaft, einen stromgebundenen eigenen Energievorrat zu besitzen, und die damit verbundenen Stabilitätsbedingungen, die denen des ersten Kaufmannschen Kriteriums offenbar in allen Punkten analog sind, zeigen seine Wesensverwandtschaft mit dem Gleichstrom-Lichtbogen. Der letzterwähnte Fall würde in allem den Bedingungen entsprechen, unter denen ein Lichtbogen stabil über einen hinreichend großen Vorwiderstand an konstanter Spannung brennt. Um diesen Lichtbogen instabil zu machen, brauchten wir ihm oben nur einen Kondensator parallel zu schalten. Durch eine gewisse Mindestgröße des parallel geschalteten Kondensators im Verhältnis zur Induktivität des Lichtbogen-Strompfades waren im Gleichstromkreis die Bedingungen gekennzeichnet, unter denen der Lichtbogen zu schwingen anfängt. War also in Gl. (6) z. B. $C\,R > L/Q$, so bedeutet das, daß der Energieinhalt des Systems trotz anwachsenden Stromes z. B. wegen der Abnahme der Spannung zurückging und dadurch die Stabilitätsbedingung störte. Genau das gleiche finden wir jetzt beim Spannungsresonanzkreis mit Eiseninduktivität, dem wir einen eisenfreien oder ungesättigten Stromresonanzkreis parallel schalten.

Führt man die erregende Wechselspannung in diesen Stromresonanzkreis selbst in Reihe ein, — bezogen auf den Eisenkreis bleiben darum Induktivität und Kapazität nach wie vor parallel geschaltet — so sehen wir von selbst eine Strom-Spannungs-Charakteristik an den Klemmen des

[16] Rüdenberg, wie Fußnote 15.

Kondensators oder der Induktivität entstehen, die dem Verhalten einer Spannungsquelle mit hohem Vorwiderstand analog ist. Wir betrachten zunächst diesen Zuführungskreis in Abb. 22 gesondert. Denken wir uns erst die Parallelbelastung z zur Kapazität entfernt, so steigt die Spannung auf einen Betrag, der gleich der Resonanzspannung des übrigbleibenden Spannungsresonanzkreises sein muß, also $U_{max} = U \cdot z/R$; $z = \sqrt{L/C}$ ist der Wellenwiderstand des Kreises. Schließen wir anderseits den Kondensator kurz, so kommt nur ein verhältnismäßig geringer Strom $I = U/z = U/\omega L$ über diesen Kurzschluß zustande. Für beliebige Zwischenfälle bewegt sich die Charakteristik dieses Kreises (a in Abb. 23) auf einer steil ansteigenden Linie, deren genaue Form naturgemäß vom Phasenwinkel der Belastung abhängig ist. Es darf daran erinnert werden, daß unter der Annahme eines verlustlosen Resonanzkreises und rein ohmscher Parallelbelastung zur Kapazität sich ein vom Widerstand zwischen 0 und ∞ völlig unabhängiger konstanter Strom, also eine Parallele zur Ordinate in Abb. 23 einstellen würde.

Abb. 23. Analogie zwischen Lichtbogen- und Spannungsresonanz-Charakteristik mit Eisendrossel.

Abb. 24. Eisen-Spannungsresonanzkreis mit Stabilitätsstörung durch parallelen Stromresonanzkreis.

Die Zusammenschaltung dieser beiden Elemente in Abb. 24 führt auf die in der Literatur bereits behandelte Anordnung zur Erzeugung von Amplitudenschwankungen, u. zw. erhält man, je nachdem an welcher Stelle man die erregende Wechselspannung einsetzt, im Prinzip die Schaltungen von Plendl, Sammer und Zenneck[17] oder die von Mayer und Sammer[18] beschriebenen. Die den Eisenkernspulen bzw. Kondensatoren vielfach noch vorgeschalteten Luftdrosseln beeinflussen das Ergebnis nur quantitativ. Wir können nun auch unter Benutzung der bestehenden Analogien sofort die Bedingung angeben, welche die Zeitkonstanten[19] der beiden miteinander gekoppelten Resonanzkreise zu erfüllen haben, damit eine instabile Schaltung zustande kommt. Hierzu denken wir uns den Spannungsresonanzkreis unterbrochen. Die Zeitkonstante des übrigbleibenden Stromresonanzkreises ist $T_I = 2\,L_1/R_1$. Zur Bestimmung der Zeitkonstante des Eisenkreises denken wir uns den Stromresonanzkreis kurzgeschlossen und als Widerstand dieses Kreises die Neigung der fallenden Charakteristik eingesetzt. Dann bekommen wir $T_{II} = 2\,L_2/Q$. Die Stabilitätsbedingung wird gestört, wenn $|T_{II}| < |T_I|$ wird. Ferner mußte nach den Voraussetzungen der Abb. 23 $\left|\frac{L_1}{R_1 C_1}\right| > |Q|$ sein, folglich

$$\left|\frac{L_1}{R_1}\right| > |Q\,C_1| \qquad (17)$$

$$\left|\frac{L_1}{R_1}\right| > \left|\frac{L_2}{Q}\right|. \qquad (18)$$

Baut man also eine solche Schaltung zusammen und achtet, abgesehen von der richtigen Lage der Charakteristiken und Spannungen, nur auf die Erfüllung dieser beiden Bedingungen, so werden sich die bekannten Instabilitäten einstellen müssen. Ein Versuch bestätigt das ohne Schwierigkeit. Auch die Periodendauer der Schwingung läßt sich nun leicht abschätzen, indem wir auf Grund der Zeitkonstanten des Strom- und Spannungsresonanzkreises die Schwingungsdauer des Analogons (Abb. 25) berechnen. Wir gehen hierzu von dem ungesättigten Eisenkreis aus, der durch eine Kapazität mit Parallelwiderstand zu ersetzen ist, u. zw. wird die Ersatzkapazität bestimmt aus $C = 2\,C_1$, der Ersatzwiderstand aus $R = L_1/C_1\,R_1$. Die Ersatzinduktivität ergibt sich zu $L = 2\,L_2$. Der für die Beharrungsamplitude einzusetzende mittlere negative Widerstand Q folgt aus Gl. (9) für $\delta = 0$ zu

$$Q = \frac{-L}{R\,C} = \frac{-L_2}{L_1}\,R_1 \qquad (19)$$

[17] Jahrb. drahtl. Telegr. Bd. 26, S. 104 (1925). Vgl. a. Winter-Günther, Jahrb. drahtl. Tel. Bd. 34, S. 41 (1929).
[18] Telef.-Zg. 1927, S. 73. ETZ 1930, S. 1645.
[19] Vgl. Phys. Z. Bd. 27, S. 361 (1926).

und damit die Eigenfrequenz aus Gl. (7) für $\delta = 0$ mit $L_1 C_1 = L_2 C_2 = \frac{1}{\omega^2}$:

$$\nu = \frac{\omega}{2}\sqrt{\frac{C_2}{C_1} - \left(\frac{R_1}{\omega L_1}\right)^2}. \qquad (20)$$

Die Bedingung $\frac{C_2}{C_1} > \left(\frac{R_1}{\omega L_1}\right)^2$ folgt schon aus Gl. (17) u. (18). Unsere Näherung gilt aber nur so lange, als $\frac{L_2}{L_1} R_1$ von $-Q_{max}$ nicht sehr verschieden ist, d. h. solange die Amplitudenschwingung einigermaßen sinusförmig bleibt. Je mehr wir uns auch hier dem Gebiet der Kippschwingungen nähern, um so weniger genau läßt sich ν aus Gl. (20) bestimmen.

e) Analogon zum Dynatron.

Wenn wir jetzt wieder alles umkehren: die Reihenschaltung von Eiseninduktivität und Kondensator durch eine Parallelschaltung ersetzen und zu ihr statt eines Stromresonanzkreises parallel einen Spannungsresonanzkreis in Reihe schalten, so kommen wir auf ein in allen Punkten getreues Analogon für die Schwingschaltung der Dynatronröhre (Abb. 26). Allein schon die Strom-Spannungs-Charakteristik[20] des parallel geschalteten Eisen-Resonanzkreises gleicht in ihrer Grundform völlig der des Dynatrons. Der Energieinhalt der Anordnung ist nicht mehr strom-, sondern spannungsgebunden; das entspricht der Eigenschaft der charakteristischen Eigenkapazität der Elektronenröhre, die wir durch Parallelschaltung einer Induktivität zum Schwingen anregen können. Der Vergleich der Zeitkonstanten der beiden Schwingungskreise führt hier auf die Beziehungen

$$T_I = \frac{2\,R_1}{R_1}; \quad T_{II} = 2\,C_1\,Q = \frac{2\,L_2}{Z_2}\,Q,$$

aus denen zusammen mit der Forderung $R_1 < Q$ die Bedingungen, unter denen der Schwingungseinsatz erfolgen muß, zu übersehen sind.

Abb. 25. Gleichstromanalogon zu Abb. 24.

Abb. 26. Eisen-Stromresonanzkreis mit Stabilitätsstörung durch Spannungsresonanzkreis in Reihe.

Das Auftreten der Amplitudenschwankungen ließ sich auch für diese analoge Schaltung unschwer experimentell nachweisen. In Abb. 27 ist ein charakteristisches Oszillogramm solcher Schwingungsvorgänge wiedergegeben, dem wir auch entnehmen können, daß die Schwingungen nicht von Periode zu Periode gleiche Kurvenform aufweisen, d. h. die Amplitudenschwankung synchronisiert sich nicht notwendig auf einen ganzzahligen Bruchteil der Netzfrequenz oder höchstens innerhalb einer Schwebungsdauer von mehreren Perioden der Amplitudenschwingung; man kann das auch leicht an den Geräuschen der Induktivität oder in einem angeschalteten Lautsprecher hören.

Abb. 27. Oszillogramm eines Schwingungszustandes zu Abb. 26.

Die letztgenannte Schaltung scheint insofern besonders für den Starkstromtechniker beachtenswert zu sein, als das Vorkommen ähnlicher Vorgänge offenbar in unseren Netzen nicht ausgeschlossen ist. Das Hauptglied der Anordnung, die Parallelschaltung einer Eiseninduktivität mit einer Kapazität, dürfte z. B. in leerlaufenden Netzen

[20] L. Fleischmann, ETZ 1924, S. 1307.

bzw. gegen Erde auch in Anlagen mit Erdschlußkompensation zu finden sein. Wird ein solches Gebilde in Störungsfällen oder z. B. durch kapazitive Beeinflussung nebeneinander liegender unabhängiger Leitungen zufällig über einen auf die Netzfrequenz oder eine Oberwelle abgestimmten Spannungsresonanzkreis erregt, so können die Bedingungen für Amplitudenveränderlichkeit erfüllt sein. Besonders für Oberwellen sind solche Erscheinungen bei konstanter Grundwelle leicht zu erwarten.

f) Anregung von Amplitudenschwingungen durch Entladungsvorgänge.

Bei den bisherigen Betrachtungen über Amplitudenschwingungen in Wechselstromkreisen wurde von der Änderung der Induktivität mit der Stromstärke ausgegangen. Es scheint aber einleuchtend zu sein, daß ähnliche Erscheinungen auch auftreten können, wenn auf irgendeinem anderen Wege eine Abnahme des Stromes mit wachsender Spannung erzwungen wird. Man kann sich als Ursache hierfür z. B. denken, daß der Durchschlag eines Kondensators im Spannungsresonanzkreis diesem seinen Energieinhalt plötzlich — d. h. innerhalb einer Periode — entzieht. Da dieser aber nur langsam wieder ansteigt, so kommt ein neuer Durchschlag erst nach mehreren Perioden zustande. Infolgedessen wird man auch Amplitudenschwankungen beobachten, die in diesem einfachen Fall den Charakter von Kippschwingungen zeigen.

Bei Hochfrequenz-Schwingungskreisen kann der gleiche Effekt auch zustandekommen, wenn parallel zum Kondensator eine Glimmröhre geschaltet wird, sofern der Wellenwiderstand des Schwingungskreises groß gegen den Durchlaßwiderstand der Entladungsstrecke ist. Ein Beispiel hierfür scheint der leuchtende piezoelektrische Quarzresonator nach Giebe und Scheibe[21] zu sein, bei dem man, sobald er zu leuchten beginnt, solche Amplitudenschwingungen als tonfrequente Modulation nachweisen kann[22]. Zur Rückführung dieser Erscheinung auf die skizzierte Entstehungsursache bedienen wir uns des elektrischen Ersatzschaltbildes für den Quarzresonator (Abb. 28), das von Dye[23] angegeben wurde. Dieses gibt das Verhalten des Quarzes ohne den Einschluß in eine Edelgashülle sehr gut wieder. Die das Leuchten verursachende Gasentladung kann man in das Ersatzbild dadurch nachtragen, daß man dem Kondensator des eigentlichen Resonanzkreises, d. h. denjenigen Punkten der Anordnung, zwischen denen die relativ hohen Spannungen auftreten, eine Glimmröhre parallel geschaltet annimmt. Abb. 29 zeigt das Schema des ganzen mutmaßlich in dieser Weise schwingenden Systems.

[21] Giebe u. Scheibe, ETZ 1926, S. 380.

[22] Ein deutlich hörbares Klirren des Quarzresonators, das den Verfasser ursprünglich zur Nachprüfung der Amplitudenschwankungen veranlaßte, trat unabhängig vom Zünden der Gasentladung in einem breiteren Frequenzbereich auf als diese, ohne daß dabei schon elektrische Schwankungen zu beobachten waren. Es muß vielleicht auf mechanische Eigenschaften der Einspannung des Kristalles zurückgeführt werden.

[23] D. W. Dye, Proc. Phys. Soc. London Bd. 38, S. 399 (1926). Ref.: Z. Hochfr.-Techn. Bd. 29, S. 94 (1927).

Auch hierzu muß wiederum ein Analogon im Stromresonanzkreis existieren. In diesem wäre irgendeine Anordnung zur Strombegrenzung, wie z. B. die Elektroden eines Wehnelt- oder Simon-Unterbrechers, an die Stelle der Spannungsbegrenzung zu setzen. Mit solchen Anordnungen werden vermutlich ganz entsprechende Erscheinungen hervorgerufen werden können.

Abb. 28. Schema eines Quarzresonators und seiner elektrischen Ersatzschaltung.

Abb. 29. Ersatzschaltbild zur Erklärung der Amplitudenschwingungen bei Leuchtquarzen.

4. Schluß.

Unsere Betrachtungen können keinen Anspruch darauf erheben, eine strenge Beschreibung der Entstehungsbedingungen, geschweige denn eine **genaue** quantitative Vorausbestimmung der Schwankungsamplitude und -kurvenform zu ermöglichen. Diese Aufgabe muß nach wie vor mit exakteren Methoden angegriffen werden. Insbesondere zwingt die Vernachlässigung der Oberwellen, der Ausgleichvorgänge bei nicht erfüllter Resonanzbedingung sowie die Voraussetzung bestimmter Charakteristiken, die ihre Form je nach der Zusammensetzung der Kreise mit anderen Schaltungselementen und der dadurch beeinflußten Kurvenform etwas verändern, zum Verzicht auf allzu weitgehende Ansprüche an die Leistungsfähigkeit der abgeleiteten Beziehungen. Dennoch wird die Leichtigkeit, mit der sich in erster Näherung ziemlich verwickelte Vorgänge auch quantitativ übersehen lassen, unser Vorgehen in den meisten Fällen rechtfertigen. Das gilt insbesondere, wenn es nur darauf ankommt, die Voraussetzungen einer Erscheinung kennenzulernen, um daraus die Richtung zu finden, in der man sich zu ihrer Beseitigung bewegen muß. Diese Aufgabe wird wohl fast überall vorliegen, wo uns in der Starkstromtechnik selbsterregte Amplitudenschwingungen begegnen.

Schaltpläne für Betriebskontroll-Meßanlagen in Wärmekraftwerken.

Von **P. Eduard Quintes**, Mannheim-Waldhof.

Übersicht. Es wird eine Methode der Projektierung von Betriebskontroll-Meßanlagen für Wärmekraftwerke angegeben nebst den dazu benötigten besonderen Sinnbildern für Wärmemeßgeräte. Es wird vorgeschlagen, diese Methode allgemein zu benutzen, um zu einer besseren und rascheren Verständigung zwischen allen interessierten Stellen zu gelangen. Als solche sind in der Hauptsache zu nennen: Direktionen und Betriebsleitungen von Wärmekraftwerken einerseits Lieferanten von Kesseln, Turbinen, Vorwärmeranlagen, Rohrleitungen usw. anderseits sowie die Lieferanten der Betriebskontroll-Meßanlagen selbst. Das Gebiet ist verhältnismäßig jung, nimmt aber einen derartigen Aufschwung, daß eine allgemeine Verständigung über die Gepflogenheiten und Mittel bei der Bearbeitung geboten erscheint.

Die wärmetechnische Betriebskontrolle ist eines jener Grenzgebiete, auf welchen der Elektroingenieur nicht nur etwa die „Strippen" zu ziehen hat, sondern auf dem er unbedingt Zentralbearbeiter bleiben muß. Denn fast alle Messungen sind wegen der leichteren Fernsendung der Resultate entweder auf elektrischem Prinzip durchgeführt, oder aber das auf andere Weise gewonnene Meßergebnis wird in einen für die Fernleitung bequemeren elektrischen Impuls umgewandelt. Ist dem Elektroingenieur aber die Aufgabe zugefallen, Meßanlagen für Wärmekraftwerke zu planen, so hat er selbstverständlich den Wunsch, in gewohnter Weise Schaltzeichen zu Schaltbildern zusammenzufügen, um seinen Ideen den charakteristisch knappen und doch so außerordentlich klaren Ausdruck elektrischer Schaltpläne zu verleihen.

Unentbehrlich ist die Kontrollmeßtechnik in neuzeitlichen Großkraftwerken mit neuesten Hochleistungskesseln und großen Maschineneinheiten. Sowohl die Dampf-

Stauflansch
Venturirohr mit Ventilen
Kondensatstrecke
Geberapparat mit elektrischem Fernsender
Wasserstandsanzeiger mit Fernsender
Manometer mit Fernsender
Zug- oder Druckmeßstelle
Strahlungspyrometer
Thermoelement
Widerstandsthermometer
Doppelthermometer
Quecksilber-Kontaktthermometer mit Maximalkontakt
Quecksilber-Kontaktthermometer m. verstellb. Minimalkont.
Rundes Anzeigegerät m. Maximalkontakt
Profil-Anzeigegerät mit Minimalkontakt
Registriergerät
Zähler
Härtemesser
elektrischer Rauchgasprüfer
chemischer Rauchgasprüfer
Rauchgasdichte-Messer

Abb. 1. Schaltzeichen für wärmetechnische Betriebskontroll-Meßanlagen.

A Bunker
B Wanderrost
C Kessel
D Ueberhitzer
E Ekonomiser
F Luftvorwärmer
G Saugzugventilator
H Unterwindgebläse
J Turbine
K Kesselschild
L Generator
M Luftrückkühler
N Kondensator
O Verdampfer
P Kondensatbehälter
Q Niederdruckvorwärmer
R Mischvorwärmer
S Hochdruckvorwärmer
T Turbinenschild
ZW Zentralwarte

Abb. 2. Schema einer Betriebskontroll-Meßanlage.

kessel als auch die Maschinensätze werden mit einer dem Wert der gigantischen Einheiten entsprechenden Sorgfalt kontrolliert und gewartet.

Der Zusammenhang der Meßanlage mit dem eigentlichen Kraftwerk wird auf ganz verschiedene Arten klarzustellen versucht. So z. B. bedient man sich des Längenschnittes von Dampfkesseln, um die Meßstellen anzudeuten. Letzteres geschieht durch kleine Kreise mit der laufenden Nummer der Meßstelle, wobei man bisweilen durch Farben zu unterscheiden versucht, ob es sich um Mengen-, Druck-, Zug- oder sonstige Meßstellen handelt. Diese Art der Darstellung kann wohl für einen einfachen Fall oder für einen besonderen Zweck genügen, bewährte sich aber ebensowenig wie eine etwas mehr schematisierte Schnittzeichnung des Kessels für umfangreiche Projektierungen in neuzeitlichen Großanlagen. Vor allem versagten aber die rein bildlichen Darstellungen (Isometrien) von Kesseln und Turbinen, so daß für die Planung von Betriebskontroll-Meßanlagen in Wärmekraftwerken ein ganz eigener Weg eingeschlagen werden mußte. Gelegentlich der Projektierung von Meßanlagen vieler Kraftwerke ergab sich nun die nachstehend beschriebene Methode, die allerdings die Schaffung eigener Symbole voraussetzte. Diese Symbole im weiteren Kreise der Fachgenossen bekanntzumachen und ihre allgemeine Verwendung anzuregen, ist der Zweck der vorliegenden Arbeit.

In Abb. 2 sind ein Dampfkessel, eine Turbine mit Kondensator und Vorwärmeranlage und ein Generator mit Ringluftkühler, also die typischen Einheiten des Wärmekraftwerkes, im Strömungsbild der zu überwachenden Medien dargestellt. Beim Dampfkessel sind dies Rauchgas, Verbrennungsluft, Speisewasser, Dampf; bei der Turbine Dampf, Kondensat, Kühlwasser, u. U. Schmieröl; beim Generator-Ringluftkühler Luft und Kühlwasser. Selbstverständlich ist das „Strömungsbild" für jede Anlage neu zu entwerfen, da man kaum zwei gleich-

geschaltete Anlagen findet. In das fertige Strömungsbild werden an den Meßstellen die Symbole der primären Meßgeräte (Fühler, Impulsgeber) eingezeichnet. Abb. 1 zeigt die für diesen besonderen Zweck entwickelten Symbole, die sich zum Teil aus dem Wesen, zum Teil aus der äußeren Form der Meßapparate ableiten, deshalb leicht zu merken und zu lesen sind, und deren Gebrauch sich sehr gut bewährt hat. Verfolgt man die Strömungsbilder, so findet man für die einzelnen Medien folgende Meßstellen:

Kesselspeisewasser: Mengen-, Druck- und Temperaturmessung vor Ekonomiser und Temperaturmessung hinter Ekonomiser sowie Wasserstandsanzeige im Kessel.

Dampf: Mengen-, Druck- und Temperaturmessung des Heißdampfes.

Verbrennungsluft: Mengen- (nur zu Versuchszwecken), Druck- und Temperaturmessung vor Luftvorwärmer, Temperaturmessung hinter Luftvorwärmer, Luftpressung in den Zonen unter dem Wanderrost.

Staubkohlenfeuerungen werden unter Einschluß der Kohlenmühlen, etwa vorhandener Trockentrommeln, Luftkammern, Brennerzuleitungen usw. analog dargestellt.

Rauchgas: Temperaturmessung im Feuerraum, vor und hinter Überhitzer, vor Ekonomiser, vor Luftvorwärmer, vor Saugzuganlage und u. U. im Kamin, Zugmessung im Feuerraum, am Kesselende, vor Luftvorwärmer und vor Saugzuganlage, Gasanalyse, Feuchtigkeits- und Rauchdichtemessung.

Weiterhin sind am Kessel meßbar die Drehzahlen der Ventilatoren (bei regelbarem Antrieb) oder die Rostlaufgeschwindigkeit. Außerdem werden vorteilhaft die Lagertemperaturen der lebenswichtigen Ventilatorantriebsmotoren überwacht. Auch Rauchgasschieberstellungen können in einfacher Weise fernangezeigt werden. Als zum Kessel gehörig kann der Bunker angesehen werden. Der Stand des Brennstoffes sowie die vor Selbstentzündungsgefahr warnende Temperatur des Bunkergutes müssen im neuzeitlichen Großkesselbetrieb gemessen werden.

An der Turbine sind hauptsächlich folgende Messungen nötig: Mengen-, Druck- und Temperaturmessung des Frisch-, Anzapf- und (bei Gegendruckturbinen) des Abdampfes, ferner Lagertemperaturen oder als Äquivalent dafür die Temperatur des umlaufenden, außen gekühlten Schmieröles.

Abb. 3. Beispiel für Kennzeichnung der Meßstellen.

Am Kondensator interessieren Vakuum, Kondensatmenge- und Temperatur, etwaige Verunreinigungen durch Kühlwasser infolge Undichtigkeit des Kondensators (Salzgehaltmessung) sowie Kühlwasser-Ein- und -Austrittstemperatur und u. U. die Kühlwassermenge.

Der Generator selbst erhält Statoreisen- oder Nutenthermometer.

Am Ringluftkühler muß die Frisch- und Ab-

Abb. 4. Schema einer Betriebskontroll-Meßanlage für einen neuzeitlichen Hochleistungs-Doppelkessel.

Abb. 5. Instrumententafel (Kesselschild oder Meßschrank), aus dem Schema Abb. 4 entwickelt.

lufttemperatur gemessen und deren Maximum signalisiert werden. Außerdem interessieren Kühlwasser-Ein- und -Austrittstemperatur sowie Kühlwassermenge, deren Minimum wiederum zu signalisieren ist.

Abb. 5a. Innenansicht der Instrumententafel Abb. 5.

Nach dieser allgemeinen Übersicht gehen wir wieder zur Betrachtung des Gesamtschemas gemäß Abb. 1 zurück. Von jeder Meßstelle aus wird eine im wesentlichen senkrecht verlaufende Leitlinie abwärts geführt bis zum Schnitt mit einer Anzahl horizontaler Linien. Jeder derselben kommt eine besondere Bedeutung zu. Die ersten 4 zu einer Gruppe vereinigten Linien heißen die Kennlinien, so genannt, da sie erkennen lassen, um was für eine Messung es sich bei den betreffenden Meßstellen handelt. Trotzdem dies bereits aus den im Strömungsbild eingezeichneten Symbolen der Primärgeräte hervorgeht, ist die nochmalige Bezeichnung auf den Kennlinien nötig, um rasch alle gleichartigen Messungen auffinden zu können, ohne sie in dem großen Strömungsbild der Gesamtanlage einzeln suchen zu müssen. Will man z. B. die Mengenmeßstellen rasch auffinden, so braucht man nur der mit „Menge" bezeichneten Kennlinie entlang zu blicken. Auf ihr sind die Schnittpunkte mit Mengenleitlinien durch einen Punkt oder ein Kreuz gekennzeichnet. Geht man von diesen Punkten oder Kreuzen auf der Leitlinie aufwärts, so kommt man ganz von selbst an die gesuchte Meßstelle. Ebenso geben die Kennlinien für Druck, Zug und Temperatur sofort einen Anhalt für die Lage der zugehörigen Meßstellen.

Die zweite Gruppe umfaßt die 4 Wirklinien. An ihnen erkennt man, wie sich die Messung auswirken soll, d. h. ob das Resultat angezeigt, registriert, gezählt oder signalisiert werden soll. Wo selbsttätige Regelung in Frage kommt, wäre noch eine 5. Wirklinie mit der Bezeichnung „Regelung" vorzusehen.

Hat man das ganze Schema soweit vorbereitet, daß von jeder Meßstelle eine Leitlinie nach unten gezogen ist, so beginnt die Überlegung, ob und wo Anzeige, Registrierung, Zählung oder Signalisierung des Meßwertes erfolgen soll. Das Gewünschte wird in den Wirklinien sinngemäß angekreuzt.

In Abb. 3 bedeutet Leitlinie *1* eine Mengenmessung mit Ortsanzeige, einer weiteren Anzeige auf einer Instrumententafel, einer Registrierung auf einer Zentralwarte, einer Zählung auf der Zentralwarte und einer Signalisierung des Maximums auf der Instrumententafel. Leitlinie *2* bedeutet eine Druckmessung mit Anzeige auf einem Instrumentenschild und Registrierung auf einer Zentralwarte. Leitlinie *3* zeigt eine Temperaturmessung mit Anzeige und Registrierung auf der Zentralwarte, Leitlinie *4* eine Zugmessung mit nur örtlicher Anzeige, Leitlinie *5* eine Zugmessung mit örtlicher Registrierung, Leitlinie *6* eine Mengenmessung mit Registrierung auf der Zentralwarte und örtlicher Zählung.

So kann man, bevor man die Instrumente auszuwählen beginnt, sich erst darüber schlüssig werden, in welcher Weise die Messung in Erscheinung treten soll oder auch, um dem Zweck zu entsprechen, in Erscheinung treten muß.

Bei Kessel- und Turbinenüberwachung ordnet man die Anzeigegeräte auf besonderen Instrumententafeln an und bezeichnet sie als Kesselschilder, Turbinenschilder usw., während Registrierapparate, Zähler und u. U. zweite Anzeigegeräte zu Zentralwarten vereinigt werden.

Die Gestaltung dieser Schilder und Warten ist mit eine Hauptaufgabe der Projektierung, abgesehen von der richtigen und zweckmäßigen Anordnung der primären Meßgeräte, welche zur Erzeugung der Meßimpulse dienen.

Unterhalb der Wirkliniengruppe zieht man je nach Bedarf weitere horizontale Linien, welche die Kessel- bzw. Turbinenschilder sowie Zentralwarten darstellen sollen. In dem Schema nach Abb. 2 ist eine solche über die ganze Breite des Kesselbildes gezogen und mit *K* bezeichnet; sie stellt also das Kesselschild dar. An ihr werden alle Anzeigegeräte eingezeichnet, welche auf dem Kesselschild angeordnet werden sollen. Auch die Umschalter, Hupen, Signallampen usw. werden durch entsprechende Symbole an dieser Linie kenntlich gemacht.

Als Beispiel zeigt Abb. 4 ein Kesselschema, in dem die Kesselschildlinie und auch die Zentralwartenlinie mit den entsprechenden Geräten versehen sind. (Hier wurden die in Abb. 3 angegebenen Winke bei der Projektierung nicht angewandt, da es sich um eine verhältnismäßig einfache Anlage handelte.)

Abb. 6. Zentralwarte für ein großes Kraftwerk. 5 Felder für Kesselüberwachung mit je einem Sechsfachschreiber, Zweifachschreiber und Zähler, 1 Feld für Turbinenüberwachung.

Aus Abb. 4 leitet sich dann in sehr einfacher Weise das wirkliche Kesselschild gemäß Abb. 5 ab. Es ist ja, nachdem die Geräte ihrer Art und Zahl nach durch das Schema bestimmt sind, nur noch eine konstruktive Aufgabe, die Kesselschilder zu gestalten.

Bei der hier in Rede stehenden Anlage handelte es sich um 5 Kessel. Jedem derselben wurde außer dem Kesselschild je ein Feld auf der Zentralwarte zugeordnet, auf der der in Abb. 4 auf der Zentralwartenlinie eingezeichnete Sechsfachschreiber, Anzeiger und Zähler aufgenommen wurden.

Daraus ergab sich für die Zentralwarte eine 6feldrige Anordnung ähnlich Abb. 6. Rechts schließt sich noch ein Feld für Turbinenüberwachung an.

Fischfang mit Elektrizität.

(Mitteilung aus dem Institut für Wasserbau der Techn. Hochschule Berlin.)

Von **W. Holzer**, Berlin.

Übersicht. Wirtschaftliche Gesichtspunkte drängen die Fischerei zu einer Verbesserung der Fangmethodik, u. a. durch Anwendung von Elektrizität. Die notwendigen Spannungen und Leistungen waren bislang unbekannt. Die Auffindung einer neuen Reizkonstante, der anatomischen Schrittspannung, gab die Möglichkeit, an Hand einfacher Formeln die Energieverhältnisse zu berechnen. Es ergab sich, daß der elektrische Arbeitsaufwand in quadratischem Maße von der kleinsten abzufischenden Fischlänge und in linearem Maße von dem spez. Widerstand des Fanggewässers abhängig ist. Damit kann die bislang ungeklärte Erscheinung gedeutet werden, daß bei elektrischen Fischfängen stets kleinere Tiere entkamen. Damit erscheint aber auch die Auffassung der Reizkausalität der äußeren Stromdichte bei den betrachteten Verhältnissen widerlegt und durch eine Feldstärkenbetrachtung ersetzt. Einfache Formeln und ein Diagramm zeigen die Energieverhältnisse. Das Verfahren erweist sich als durchaus wirtschaftlich, sofern der spez. Widerstand des Fanggewässers nicht zu klein ist und ausreichende Leitungen in der Nähe des Fangortes bestehen. Ein unmittelbarer Gewinn für die elektrizitätserzeugende Industrie kann jedoch wegen des Spitzenbelastungscharakters zu ungünstiger Zeit in dem Verfahren nicht erblickt werden. Die gesetzliche Freigabe des Verfahrens für wirtschaftliche Zwecke wird vorgeschlagen. Auf die Gefahren bei der Ausübung des elektrischen Fischfanges wird dringend hingewiesen.

Der Aufschwung, welchen die Fischerei in den letzten Jahrzehnten genommen hat, ist neben der intensiven Bewirtschaftung der Gewässer und der Ausdehnung der Fanggebiete der technischen Entwicklung der Fangmethoden und deren Mechanisierung zuzuschreiben. In dieser Entwicklung gewinnt die die jüngste Fischereimethode, der Fischfang mit Elektrizität, das Interesse aller Fischereifachleute. Der Fischfang mit Elektrizität ist in allen Ländern mit geordneten Fischereiverhältnissen verboten[1], die Anwendung des Verfahrens ist an Sondergenehmigungen geknüpft, welche in Deutschland von dem zuständigen Regierungspräsidenten erteilt werden können. Der Fischereiwirtschaft sind in den letzten Jahren mehrfach Aufgaben des Abfischens vorgekommen, welche nur durch die Anwendung von Elektrizität einwandfrei und wirtschaftlich gelöst werden konnten. Solche Aufgaben lagen dort vor, wo der Grund eines Gewässers die Verwendung von Schleppnetzen unmöglich machte, wie z. B. das Abfischen von vollgelaufenen fischtechnisch bewirtschafteten Sandgruben[2]. Darüber hinaus aber besteht in Fischereikreisen der Wunsch, die Technik des Fanges der sonstigen Höhe der Fischwirtschaft anzupassen. Die Methoden der Fangtechnik sind ja im Wesen seit der Pfahlbauzeit gleichgeblieben. Zur Schaffung neuer Methoden drängt die Tatsache, daß die Seenwirtschaft heute noch immer ein wesentlich schlechteres Ertragsergebnis liefert als die Teichwirtschaft. Das ist nur auf die Abfischschwierigkeit zurückzuführen. Fischfänge mit der neuen Methode sind unter den verschiedensten Verhältnissen durchgeführt worden[3]. Da aber die physiologischen Vorgänge bei der Ausführung der Fangmethode nicht bekannt sind und da ferner keinerlei Angaben über den Leistungsbedarf vorliegen, soll letztere Frage so weit behandelt werden, daß ein Überblick über die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens möglich ist.

Als physikalisch begründete und meßtechnisch leicht ermittelbare Reizgröße wurde diejenige Spannung betrachtet, welche zwischen Maul und Schwanz eines Tieres im elektrischen Felde liegt. Diese Spannung wurde im Anschluß an einen üblichen Begriff **anatomische Schrittspannung** genannt. In Abb. 1 sind Feldstärkemessungen eingetragen, deren Verlauf durch eine Hyperbel dargestellt ist. Diese Kurven genügen der Gleichung

$$\mathfrak{E} = U_a/L \quad [\text{V/cm}]. \qquad (1)$$

In dieser Formel bedeutet L die Fischlänge in cm, U_a ist die anatomische Schrittspannung in Volt. Diese Größe ist für Fische einer Art eine von der Fischgröße in weiten Bereichen unabhängige Konstante. Die anatomische Schrittspannung wurde für Plötzen, Ukeleis und Karauschen zu 1,41 V, für Forellen zu 2 V bestimmt. Diese Messungen wurden in einer Flüssigkeit von einem spezifischen Widerstand gleich dem des Fisches selbst durchgeführt (sog. Äquivalentlösung). In anderen Lösungen scheint die anatomische Schrittspannung nicht konstant zu sein. In Abb. 2 und 3 sind solche Messungen im homogenen Felde wiedergegeben. Die Zunahme der anatomischen Schrittspannung

Abb. 1. Kritische Feldstärke für Betäubung an Fischen.

1 Beginn der Erregung *2* starke Erregung *3* Drehung und Lähmung *4* Betäubung

Abb. 2. Anatomische Schrittspannung für Betäubung an Plötze, Ukelei und Karausche.

Abb. 3. Anatomische Schrittspannung für Betäubung an Bach- und Seeforelle.

---

[1] Preuß. Fischereigesetz vom 11. V. 1916, § 100.

[2] F. Schumann, Z. Fischerei u. deren Hilfswiss. Bd. 28, S. 159 (1930).

[3] F. Schiemenz u. A. Schönfelder, Z. Fischerei u. deren Hilfswiss. Bd. 25, S. 161 (1927). R. Harrer, Allg. Fischerei-Zg. Bd. 51, S. 210 (1926). Vietze, Elektrizitätswirtsch. Bd. 26, S. 207 (1927). Mitt. d. Fischereivereine f. d. Provinz Brandenburg Bd. 17, S. 276 (1925). Fischerei-Ztg. Neudamm Bd. 29, S. 713 (1926). Korrespondenzbl. f. Fischzüchter, Dresden, Bd. 32, S. 16 (1927); Bd. 31, S. 204 (1926). Fischerei-Zg. Bd. 30, S. 49 (1927). Der Sportangler Bd. 1, S. 236 (1925). Allg. Fischerei-Ztg. Bd. 51, S. 242 (1925). Landwirtsch. Wochenschrift 1927, S. 5.

ist auf die Feldverzerrung durch den Fisch zurückzuführen. Die mathematische Behandlung[4], wobei der Fisch als Rotationsellipsoid betrachtet wurde, ergab auf Grund der Feldgleichungen einwandfrei die Konstanz der anatomischen Schrittspannung. Mit Rücksicht auf einfachen Bau der folgenden Leistungsberechnungen nehmen wir im folgenden die anatomische Schrittspannung mit 3 V an. Aus der Reizphysiologie übernehmen wir ferner zusammenfassend einige wichtige Grundlagen: Der durch Elektrizität gereizte Fisch nimmt im Feldraum eine besondere Lage ein (Galvanotaxis), welche bei Gleichspannung die Richtung der Stromlinie, bei Wechselspannung die Richtung der Äquipotentiallinie ist. Steigender Spannung sind höhere Reizungen zugeordnet; der uns interessierende Reizerfolg ist eine Betäubung, welche den Charakter eines narkotischen Schlafes hat. Dieser Reizerfolg wird durch das Anlegen der anatomischen Schrittspannung an das Tier erzielt. Ferner sei die unter Umständen fangtechnisch verwertbare Erscheinung berichtet, daß bei Gleichfeldern der positive Pol der Elektroden bevorzugt wird. Die gelähmten Tiere stellen sich mit dem Kopf zu dieser Elektrode ein, eine Progressivbewegung ist die Folge.

Die Fische kommen nach der erfolgten Betäubung, meist bleich verfärbt, an die Wasseroberfläche, wo sie geborgen werden müssen[5]. Nach einiger Zeit gehen sie unter. Eine Schädigung der Tiere ist sehr selten. Werden sie nach dem Fang in sauerstoffreiches, nicht zu warmes Frischwasser eingesetzt, so erholen sie sich nach wenigen Minuten und haben nach 30 ... 60 min die volle Lebendigkeit wieder erreicht[6]. Kranke Tiere, welche wirtschaftlich ohnedies wertlos sind, werden schwerer beansprucht und auf diese Weise einfach ausgeschieden. Zusammenfassend kann aus allen Erfahrungen über Laboratoriums- und Fangversuche in Gewässern geschlossen werden, daß eine Schädigung der Tiere bei nicht allzulanger Beanspruchung[7] nicht auftritt. Selbst eine Schädigung laichreifer Tiere erscheint nach den vorliegenden Erfahrungen nicht möglich[8]. Es ist bekannt, daß bei direkten Blitzschlägen in Seen Fische getötet werden. Die Nachrechnung des mutmaßlichen Feldbildes für diesen Fall ergab das Auftreten von anatomischen Schrittspannungen, welche um einige Zehnerpotenzen über denjenigen Schrittspannungen liegen, die beim Fischfang zur Auswirkung gelangen. Ferner konnte auch in einem solchen Falle das Erholen einiger Tiere durch Zeugen festgestellt werden. Eine Beschädigung der Tiere ist durch die Fangmethode demnach durchaus nicht zu befürchten.

Wie im folgenden ausgeführt, wirkt sich der spezifische Widerstand des Wassers linear auf den Leistungsverbrauch beim Abfischen aus. Der spezifische Widerstand von Gewässern ist sehr unterschiedlich, Werte von 500 bis 60 000 Ωcm kommen vor[9]. Seewasser weist an der Oberfläche 1300 ... 6000 Ωcm auf[10]. Diese Werte sinken mit zunehmender Wassertiefe. Meerwasser zeigt Werte[11] von 20 bis 100 Ωcm. Meerwasser im Pazifischen Ozean besitzt 28 Ωcm bei 33 ° C[12]. Diese Werte sind, da wir es mit Elektrolyten zu tun haben, temperaturabhängig. Die Elektrolyte sind praktisch vollkommen dissoziiert. Es läßt sich deshalb mit genügender Annäherung ein einfaches und allgemeines Temperatur-Widerstand-Gesetz anwenden, das durch Formel (2) dargestellt wird:

$$\varrho_t = \varrho_0 \, e^{-Bt} \quad [\Omega\text{cm}]. \qquad (2)$$

Darin sind ϱ_0 der spezifische Widerstand bei 0 ° C, t die Temperatur in ° C und B eine Konstante, welche für Charlottenburger Leitungswasser zu 0,0173 bestimmt wurde. Abb. 4 zeigt den Verlauf des spezifischen Widerstandes[13]. Die Kurve 1931 wurde im Bereich 0 ... 37 ° C gemessen. Der Verlauf wird nach Formel (2) durch die Zahlengleichung (3) beschrieben:

$$\varrho_t = 2930 \, e^{-0{,}0173\,t} \quad [\Omega\,\text{cm}]. \qquad (3)$$

Messungen von F. O. McMillan[14] ergaben für zahlreiche amerikanische Gewässer für die Konstante B den Wert 0,014. Die nicht erhebliche Abweichung dieses Wertes von dem gemessenen läßt es wahrscheinlich erscheinen, daß sich auch für europäische Verhältnisse ein mittlerer Wert für die Konstante B in den angegebenen Grenzen ergeben wird. Ergänzend sei darauf hingewiesen, daß die Streckung der Kurve im halblogarithmischen Funktionsnetz, wie Abb. 3 zeigt, auch meßtechnisches Interesse für Sonderzwecke der Temperaturmessung und Kontrolle verdient. Die Verwendung der Leitfähigkeitsmessung zur Bestimmung der Reinheit eines dissoziierten Elektrolyten sei erwähnt.

Abb. 4. Spezifischer Widerstand von Charlottenburger Leitungswasser.

Die zum Abfischen notwendige elektrische Arbeit kann nunmehr mit genügender Genauigkeit berechnet werden. Die zur Aufrechterhaltung des notwendigen Feldzustandes erforderliche Energie beträgt

$$N = \frac{\mathfrak{E}^2}{\varrho} \cdot 10^6 \ [\text{W/m}^3]. \qquad (4)$$

Die Feldstärke $\mathfrak{E}$ ist unter der Annahme einer anatomischen Schrittspannung von $U_a = 3$ V aus Formel (1) zu berechnen. Damit ergibt sich die Feldenergie zum Abfischen

$$N = \frac{9 \cdot 10^6}{L^2 \varrho} \ [\text{W/m}^3]. \qquad (5)$$

Zur Berechnung der notwendigen Arbeit müssen wir einige Annahmen machen. Die Einwirkungszeit des elektrischen Feldes wird auf Grund von Versuchen mit 10 s angenommen. Diese Zeit ist reichlich gewählt, die Versuche ergaben eine hinreichende Nutzzeit von 6 s. Ferner wird der Nutzungsgrad der Fangmethode eingeführt. Diese Größe ist bei idealem Parallelfeld gleich 1, sie berücksichtigt die Notwendigkeit eines mehrmaligen Abfischens, ferner die Feldinhomogenität. Laboratoriumsversuche ergaben einen Nutzungsgrad von $n = 5$ bis 20; letzterer Wert soll im folgenden verwendet werden. Die Abfischarbeit ergibt sich demnach zu

Abb. 5. Arbeitsbedarf für den elektrischen Fischfang.

$$W = N\,t\,n = \frac{5 \cdot 10^5}{L^2 \varrho} \ [\text{Wh/m}^3]. \qquad (6)$$

Die Abfischarbeit ist demnach im quadratischen Maß von der kleinsten abzufischenden Fischlänge abhängig. Damit ist aber auch die mehrfach berichtete Erscheinung[15] erklärt, daß beim Abfischen nur Fische mit einer unteren Grenzlänge gefangen wurden. (Die Verwendung der in der Physiologie üblichen Reizgröße, der Stromdichte, vermag diese Erscheinungen nicht zu beschreiben.) In Abb. 5 ist die Abfischarbeit für 1000 m³ Wasser für einen weiten Bereich nach Formel (6) dargestellt. Praktisches Interesse haben vor allem die Ordinatenlängen für die Fischlänge 10 ... 15 cm, als die kleinste abzufischende Fischlänge. Um nachzuprüfen, wieweit die Annahmen den tatsächlichen Verhältnissen entsprechen, wurden die Resultate des Abfischens der Sendenhorster Sandgruben[16] ausgewertet. Diese Auswertung ergab eine Arbeit von 4,66 kWh je 1000 m³. Unter der Annahme, daß alle Fische oberhalb

[4] Für die reizphysiologischen Grundlagen muß auf die demnächst in Pflügers Arch. f. d. ges. Physiologie erscheinende Arbeit (Über eine absolute Reizspannung bei Fischen) des gleichen Verfassers hingewiesen werden. Ferner: H. Rosenberg, Handbuch d. norm. u. path. Physiologie Bd. 8, 2. Teil, S. 927 ... 998 (1928). M. Cremer, ebenda Bd. 9, S. 244 (1928). F. Scheminzky, Pflügers Arch. f. d. ges. Physiologie Bd. 202, S. 200 (1924). M. S. Leduc, Arch. f. phys. Medizin u. med. Technik Bd. 5, S. 1 (1909). Engelen, Dt. med. Wochenschrift Bd. 28, S. 1559 (1912). J. Loeb, Handb. d. vergl. Physiologie Bd. 4, S. 482 (1913).

[5] A. Kuntz, Bull. Bur. of Fisheries Bd. 35, S. 1 (1917). F. Schiemenz, Z. f. vergl. Physiologie Bd. 1, S. 175 (1924).

[6] F. O. McMillan, Bull. Bur. of Fisheries Bd. 44, S. 97 (1928).

[7] Ch. Richet, Compt. Rend. Bd. 184, S. 1100 (1927).

[8] Hierzu liegen Erfahrungen durch die Untersuchungen an elektrischen Fischrechen vor. Siehe W. Holzer, Wasserkr. u. Wasserwirtsch. Bd. 26, S. 203 (1931); ETZ 1931, S. 944.

[9] „Hütte“ Bd. 2 (25. Aufl.), S. 1071.

[10] G. Quiel, Z. Fischerei u. deren Hilfswiss. Bd. 26, S. 1 (1928).

[11] F. Ollendorff, Erdströme, S. 1, Verlag Julius Springer, Berlin 1928.

[12] Wie Fußnote 6, S. 109.

[13] E. v. Rziha u. J. Seidener, Starkstromtechnik Bd. 1, S. 481, Berlin 1921.

[14] Wie Fußnote 6, S. 110.

[15] „Kraft u. Stoff“, Beil. zur Dt. Allg. Zg. vom 30. IV. 1931, Nr. 17.

[16] Wie Fußnote 2.

10 cm Länge in einem Wasser von dem geschätzten spezifischen Widerstand $\varrho = 1000\ \Omega$cm abzufischen waren, ergibt Abb. 5 den Wert von 5 kWh/1000 m³. Mit Rücksicht auf die mehrfach willkürlichen Annahmen würde auch eine nur größenordnungsmäßige Übereinstimmung schon befriedigen. Die Formel (6) ermöglicht einen Überblick, in welchem Maße sich der elektrische Arbeitsbedarf bei der Meeresfischerei erhöht. Der spezifische Widerstand sei mit $\varrho = 25\ \Omega$cm angenommen, die kleinste Fischlänge werde aus der Jahres-Längenformel[17] z. B. für Heringe ermittelt; sie lautet:

$$L = 37 \cdot \left(1 - 10^{-0{,}14\,A}\right) \text{ [cm]}. \qquad (7)$$

Darin bedeutet A das Alter des Fisches in Jahren. Beispielsweise sei der kleinste abzufischende Fisch 2 Jahre alt. Seine Länge ist nach Formel (7) $L = 17{,}6$ cm. Die aus Formel (6) errechnete Arbeit beträgt nunmehr $W = 64{.}6$ kWh/1000 m³. Dieser hohe Arbeitsaufwand dürfte der allgemeinen Anwendung des elektrischen Fischens im Meere empfindlich im Wege stehen. Dennoch hat das Verfahren auch schon in der Hochseefischerei Anwendung gefunden. Auf die kritische Korrosionsgefahr bei Metallschiffen muß besonders Rücksicht genommen werden.

Die Wirtschaftlichkeit des Abfischens steht heute schon fest. Die Kosten der elektrischen Arbeit sind nur ein kleiner Bruchteil der sonstigen Kosten eines Fanges. Den Hauptanteil der Abfischkosten nehmen die Personallöhne ein. Da die Fische schnell nach dem Hochkommen geborgen werden müssen, sind im Durchschnitt bei der Teichabfischung 10 Mann für einen Fang nötig. Für das Abfischen eines Hektars sind im Durchschnitt 2 ... 5 h erforderlich. Der jährliche Ertrag eines einwandfrei bewirtschafteten Teiches von 1000 m³ Inhalt und 1,5 m Tiefe beträgt mindestens 35 RM. Der Aufwand für die elektrische Arbeit beträgt höchstens 10 % des Reinertrages, die gesamten Kosten des elektrischen Abfischens ergaben sich in praktischen Fällen in Übereinstimmung mit Wirtschaftlichkeitsberechnungen auf Grund der angegebenen Werte zu maximal 22 % des Reinertrages eines gut bewirtschafteten Gewässers. Die Aufwendungen für das elektrische Fanggerät sind sehr klein. Mit Rücksicht auf die großen Ströme erscheint das Verfahren nur in der Nähe von vorhandenen und ausreichenden Leitungen wirtschaftlich. Bei der Anwendung muß natürlich auf die Schaltung des Netzes Rücksicht genommen werden, unter Umständen ist ein Isoliertransformator zu verwenden.

Die bisher üblichen Fangmethoden des Verfahrens können durchaus noch vervollkommnet werden. Die Methode des elektrischen Schlagens hat nur Interesse für sportliche Zwecke und wissenschaftliche Fangversuche zur Versuchstiergewinnung. Die gleiche Einschätzung gilt für das elektrische Angeln. Im Interesse der Wichtigkeit der Erhaltung des Tierbestandes erscheint eine gesetzliche Freigabe dieser Fangmethoden nicht angebracht. Wirtschaftliches Interesse hat das Verfahren nur für die Nutzfischerei, welche in Binnengewässern mit Boden- und Oberflächenseil, ferner mit dem elektrischen Netz ausgeführt wird; im Meere dürfte die elektrische Harpune beim Thunfischfang von Bedeutung werden. Die ballistischen Eigenschaften der Harpune werden durch die wesentlich dünnere Trosse vielfach verbessert.

Die abgeleiteten Formeln bezogen sich durchweg auf homogene Felder. Diese sind jedoch nur unter besonderen Bedingungen zu erzeugen. Betrachten wir die häufig angewendete Form des Fanggerätes mit Boden- und Oberflächenseil, so sehen wir aus Formel (8), daß das Verhältnis der maximalen zu der minimalen Feldstärke stark verschieden ist:

$$\frac{\mathfrak{E}_{\max}}{\mathfrak{E}_{\min}} = \frac{a}{4\,r} + \frac{1}{2}. \qquad (8)$$

Darin bedeutet a den Abstand der beiden Seile, r den Radius derselben in gleichem Maße. Falls das Verhältnis Abstand : Radius größer als 30 ist, was bei technischen Fanggeräten meist der Fall ist, so kann man den Wert ½ in Formel (8) vernachlässigen. Der Feldstärkensprung in der Nachbarschaft der Oberfläche ist unvermeidlich; dennoch ist das Feld in der Mittelzone der Leiteranordnung praktisch homogen. Diese Homogenität ist besonders dann ausgeprägt vorhanden, wenn man mehrere Boden- und Oberflächenseile parallel verwendet. Man hat dann den Fall des Stabgitters[18], bei welchem in einigem Abstande von der Gitterfläche die Auflösung der Elektrode in Einzelstäbe im Potentialbilde ohne Einfluß ist.

Der Widerstand zweier paralleler Seile ist aus Formel (9) unter Vernachlässigung der Bodenleitfähigkeit und des durch den Wasserspiegel begrenzten Feldraumes zu berechnen. Die Bezeichnungen sind die gleichen wie in Formel (8).

$$R = \varrho \cdot 3{,}17 \cdot 10^{-3} \cdot \ln\left[\frac{a}{2\,r} + \sqrt{\left(\frac{a}{2\,r}\right)^2 - 1}\right] \quad [\Omega/\text{m}]. \qquad (9)$$

Unter denselben Vernachlässigungen ergibt sich für den Widerstand eines Stabgitters die Formel (10):

$$R = \varrho \cdot 3{,}17 \cdot 10^{-3} \cdot \ln \frac{\mathfrak{Sin}\,\frac{\pi}{b}\,(a + r)}{\mathfrak{Sin}\,\frac{\pi}{b}\,r} \quad [\Omega\,\text{m}]. \qquad (10)$$

Darin bedeutet b den Abstand der Stäbe eines Gitters. Die Formel (10) gibt den Widerstand je Meter Länge und je Stabpaar. Der tatsächliche Widerstand ist also um $1/z$ kleiner, wobei z die Anzahl der Stäbe je Gitter bedeutet. An Hand der Formeln (9) und (10) dürfte die überschlägige Ermittlung der notwendigen Anschlußwerte leicht möglich sein. Die Spannung ist dabei so einzuregeln, daß die Formel (1) erfüllt ist.

Für die Wahl der Spannungsart dürften meist die zur Verfügung stehenden Objektgegebenheiten ausschlaggebend sein. Im freien Entscheidungsfalle ist technische Wechselspannung zu bevorzugen. Die Leistung ist bei der Verwendung von Gleichspannung auf Grund unserer Kenntnis des Mechanismus der elektrischen Nervenreizung am kleinsten. Die Verwendung von Wechselspannung wird von dem Wunsche vorgeschrieben, ein Minimum an chemischen und physikalischen Veränderungen des Fanggewässers herbeizuführen, um den Sauerstoffgehalt des Wassers nicht zu verändern sowie um die allgemeinen Lebensbedingungen für die höhere und niedere Tierwelt nicht zu stören. Untersuchungen[19] über den Einfluß des elektrischen Fischens auf die genannten Faktoren ergaben, daß eine Schädigung bzw. nennenswerte Veränderung nicht nachweisbar war.

Für die Elektrizitätswirtschaft kann ein unmittelbarer Vorteil der Absatzvermehrung in dem Verfahren nicht erblickt werden. Die Belastung durch den Fischfang tritt gerade in solchen Zeiten auf, in denen landwirtschaftliche Netze stark belastet sind. Dennoch sind die Beziehungen des Werkes zu den Abnehmern nicht zu unterschätzen, welche durch Entgegenkommen bei der Stromlieferung an den landwirtschaftlichen Unternehmer für Sonderfälle in wirtschaftlich fruchtbarem Sinne vertieft werden können.

Bei der Ausführung von weiteren Abfischungen muß neben der Notwendigkeit, die gesetzlichen Vorschriften zu erfüllen, auf die für Laien große Gefahr des Verfahrens hingewiesen werden. Diese ist unter anderem besonders darin zu erblicken, daß die durch den Fangkescher abgegriffene Spannung lebensgefährlich werden kann, sobald der Kescherstab feucht geworden ist. Die Verwendung von Gummihandschuhen ist zu empfehlen.

Zusammenfassend kann geschlossen werden: Der Leistungsbedarf des elektrischen Fischfanges wurde berechnet und die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens bewiesen. Der Fischfang mit Elektrizität kann als wertvolles Hilfsmittel beim Abfischen schwer abfischbarer Gewässer betrachtet werden. Darüber hinaus ist zu erwarten, daß das Verfahren sich weiteren Eintritt in die veraltete Fangmethodik erringt, der das elektrische Abfischen unter günstigen Stromlieferungsbedingungen überlegen erscheint.

Diese Arbeit entstand auf Grund einer Anregung durch den Oberfischmeister Dr. G. Quiel. Der Deutsche Wasserwirtschafts- und Wasserkraftverband stellte die Mittel zu einer Forschungsarbeit zur Verfügung, welcher die oben verwendeten Zahlenwerte entnommen sind. Die Versuche wurden im genannten Laboratorium mit Genehmigung des Vorstehers, Herrn Prof. Dr. A. Ludin, ausgeführt. Ihnen allen schuldet der Verfasser besonderen Dank.

[17] A. Walther, Einführung in die mathematische Behandlung naturwissenschaftlicher Fragen, S. 43, Berlin 1928.

[18] J. C. Maxwell, Lehrbuch d. Elektrizität u. des Magnetismus S. 321; Ausgabe Weinstein, Berlin 1883. W. Größer, Arch. El. Bd. 25, S. 193 (1931).

[19] Wie Fußnote 2.

Schutz gegen Sprungwellen.

Von E. T. Norris, Hollinwood (Lancashire, England).

Übersicht. **Die Erfahrung hat gelehrt, daß der Sprungwellenschutz weniger die Amplitude der Wellen als vielmehr ihre Stirnsteilheit bekämpfen muß. Es wird ein Ausführungsbeispiel für einen derartigen Schutz gegeben und ferner ein Sprungwellenschutz für Niederspannungs-Verteilungsnetze beschrieben.**

Die Mehrzahl der Einrichtungen für den Schutz elektrischer Apparate gegen Überspannungen durch Blitz oder Schaltvorgänge arbeitete noch bis vor wenigen Jahren in der Weise, daß die Übertragungsleitung beim Auftreten einer Wanderwelle an Erde gelegt und die Überspannung damit zur Erde abgeleitet wurde. Der Betrieb dieser Ableiter war vornehmlich von der Amplitude der auflaufenden Welle abhängig. Ein gutes derartiges Hilfsmittel, das wirksamen Schutz gewährt, ohne dem Betriebsstrom einen Abfluß zu gestatten, sollte daher die Stationsausrüstungen vor Überspannungen schützen.

Indessen haben langjährige Betriebserfahrungen gezeigt, daß Überschläge der Stationsausrüstung, d. h. also der Schalter, Transformatoren, Isolatoren usw., außerordentlich selten vorkommen. Der Grund hierfür liegt zum Teil darin, daß die Überschlagspannung der Apparatisolatoren immer größer ist als die der Leitungsisolatoren, zum Teil darin, daß die Amplitude der auflaufenden Welle durch die elektrostatische Kapazität der Schalter, Transformatoren, Sammelschienen usw. beträchtlich herabgesetzt, die Wellenimpedanz durch das eiserne Tragwerk verkleinert wird. Versuchsergebnisse, die in einem Vortrag vorm American Institute of Electrical Engineers bekanntgegeben wurden[1], haben gezeigt, daß durch die genannten Ursachen die Amplitude einer Welle auf 35 ... 65 % ihres Ankunftwertes herabgesetzt wird.

Abb. 2. Sprungwellenschlucker für Niederspannungs-Verteilungsnetze.

Diese Versuche bekräftigen somit die praktische Erfahrung über die Seltenheit von Überschlägen. In den europäischen Ländern, wo Petersenspulen oder ähnliche Löschmittel im Gebrauch sind, verlaufen außerdem die Überschläge verhältnismäßig harmlos, ob sie nun an der Leitung oder in der Station auftreten. Daher scheint, wenigstens für den Schutz der Stationsausrüstung, die Herabsetzung der Wellenamplitude nicht das wichtigste zu sein.

Am gefährlichsten werden Wanderwellen vielmehr in Hochspannungs-Übertragungs- und -Verteilungsnetzen durch die Beschädigung von Apparaten mit Induktivität, also z. B. Transformatoren und umlaufenden Maschinen, und zwar ist es die Steilheit der Wellenstirn bzw. ihr Charakter als stoßartig verlaufende Störung, infolge deren die Beanspruchung auf bestimmte Punkte der Wicklungen konzentriert wird. Sprungwellenschäden treten nicht in der Hauptisolation zwischen Hoch- und Niederspannungswicklung oder Erde auf, sondern zwischen Einzelwindungen und -spulen. Daher sollte die Wirkung des Sprungwellenschutzes nicht mit der Spannungshöhe der Welle, sondern besser mit ihrer Steilheit oder ihrer äquivalenten Frequenz zusammenhängen.

Man kann diese Form des Schutzes erzielen, wenn man einen Sprungwellen-Ableiter am Eintritt der Übertragungsleitung in die Station in die Leitung einschaltet. Abb. 1 zeigt ein typisches Beispiel des Einbaus von „Sprungwellenschluckern"[2] der Ferranti Ltd. in ein 22 kV-Unterwerk.

Es ist eine charakteristische Eigenschaft der festen Isolierstoffe, wie sie zwischen den Windungen und Spulen eines Transformators verwandt werden, daß der durch Sprungwellen angerichtete Schaden sich im Laufe der Zeit vergrößert und vielfach nicht sofort in Erscheinung tritt. Erfahrung und Versuche haben gezeigt, daß dem Sprungwellen - Überschlag zwischen Transformatorwindungen und -spulen

Abb. 1. Einbau von Sprungwellenschluckern am Eingang eines 22 kV-Unterwerks.

[1] Southgate, Brookes, Whitehead u. Roman, El. Engg. Bd. 50, S. 561 (1931).
[2] Vgl. ETZ 1930, S. 1597.

ein Betriebstrom-Lichtbogen nicht zu folgen pflegt. Es ist möglich, daß die Windungsisolation an zahlreichen Stellen durch Wanderwellen beschädigt ist, ohne daß dies äußerlich oder im normalfrequenten Betrieb erkennbar wird. Diese Zerstörungen durch Wellen bilden jedoch sicher schwache Stellen der Isolation und geben zu völligen Durchbrüchen Anlaß, wenn irgendwann später Beanspruchungen durch Überlast, Kurzschlüsse u. dgl. auftreten. Wahrscheinlich sind viele bei Überlast oder Kurzschluß auftretende Transformatorendurchschläge, die ohne weiteres Übertemperaturen zugeschrieben wurden, in Wirklichkeit ursprünglich den Beschädigungen durch Wanderwellen zu verdanken. Als Kriterium für die Sprungwellengefährdung ist daher nicht das Auftreten von Transformatordurchschlägen während Gewittern anzusehen, sondern vielmehr die absolute Häufigkeit der Durchschläge im Betrieb überhaupt.

In Niederspannungsnetzen, z. B. Hausinstallationen, können Sprungwellen durch den Durchschlag elektrischer Koch- und Heizgeräte, Zähler usw. am unangenehmsten wirken. Die Erfahrung hat gezeigt, daß die Beschädigungen hier der Spannungsamplitude der Welle zuzuschreiben sind. Für derartige Anlagen bestimmte Ableiter sollten daher für Herabsetzung der Wellenhöhe entworfen werden, ihr Einfluß auf die Stirnabflachung ist von untergeordneter Bedeutung. Abb. 2 zeigt eine nach diesem Gesichtspunkt durchgebildete Ableiterform für Hausinstallation. Das zugrunde liegende Prinzip ist das gleiche wie bei den oben behandelten Wellenschluckern für Hochleistungsanlagen, doch sind die technischen Daten in geeigneter Weise so geändert, daß die Herabsetzung der Spannungsamplitude betont wird. Die Spulen sind mehrlagige Zylinderspulen, deren Kapazität im Verhältnis zur Selbstinduktivität durch Einlegen geerdeter Metallbleche zwischen den Wicklungslagen erhöht wird.

Um den Erfolg und die Wirksamkeit irgendeines Schutzapparates völlig sicherzustellen, ist erstens nötig, daß das zugrunde liegende Prinzip gesund sei, zweitens, daß die theoretischen Schlußfolgerungen durch Versuche bestätigt werden, drittens, daß die Betriebserfahrungen den theoretischen und experimentellen Ergebnissen entsprechen. Die Betriebserfahrung hat bis jetzt die auf die ersten beiden Punkte gestützten Hoffnungen voll verwirklicht; Theorie und Versuch aber bringen immer noch unerwartete Beziehungen zutage, die nicht nur eine vollständigere Erklärung der Wirkung des Sprungwellenschluckers liefern, sondern auch den Weg zu weiteren Verbesserungen weisen.

Die Notwendigkeit der Vereinheitlichung und Gemeinschaftsarbeit in der Elektrizitätswirtschaft.

(Mitteilungen aus dem Lehrfach für Elektrizitätswirtschaft an der T. H. Berlin.)

Von Dipl.-Ing. **H. v. Renesse**, Berlin.

Übersicht. Es werden Vorschläge gemacht zur Vereinheitlichung der zeichnerischen Darstellung von Belastungsverhältnissen und zur Vereinheitlichung von Angaben und Bezugspunkten in der Literatur.

Bei Arbeiten und Untersuchungen in der Elektrizitätswirtschaft macht es sich immer wieder störend bemerkbar, daß über die Bezeichnungsweisen und Darstellungsformen elektrizitätswirtschaftlicher Größen keine nationalen, geschweige internationalen Verabredungen bestehen. Fast jeder, der auf diesem Gebiet arbeitet, wählt aus der Vielheit der Benennungen, die für manche Begriffe existieren, die ihm geläufigste aus und benutzt zur Darstellung von Belastungsverhältnissen diejenige Form der graphischen Veranschaulichung, die ihm im Augenblick am geeignetsten erscheint. Die Folge ist, daß die Lektüre elektrizitätswirtschaftlicher Arbeiten ein häufiges Umstellen des Lesers erfordert, wodurch neben einer unproduktiven Mehrbelastung zahlreiche Quellen von Mißverständnissen, Irrtümern und Fehlern entstehen.

Die großen Unterschiede in der Darstellung des zeitlichen Verlaufs irgendwelcher Belastungen erfordern bei Vergleichsarbeiten ein Umzeichnen und Übertragen, das mit viel Zeitverlust verbunden ist und notgedrungen die ursprüngliche Ungenauigkeit der Kurven vergrößert. Die Tatsache, daß man vorläufig gezwungen ist, das bisher vorliegende, aber völlig verstreute Material für jeden bestimmten Zweck erneut mühselig zu sammeln, hemmt offensichtlich den Fortschritt. Außerdem besteht bei dem Mangel einer planmäßigen Bearbeitung von allen bis heute gewonnenen Ergebnissen die Gefahr, daß nicht alle interessierten Kreise schnell genug über Erfolge oder Mißerfolge unterrichtet werden.

Die folgenden Ausführungen sollen kurz umreißen, auf welche Gebiete sich die Arbeiten zunächst zu erstrecken hätten.

Eine Vereinheitlichung auf dem Gebiete der Elektrizitätswirtschaft muß sich auf drei Punkte beziehen:

A. Benennungen und Begriffe;
B. Zeichnerische Darstellung von Belastungsverhältnissen;
C. Angaben und Bezugspunkte bei Daten in der Literatur.

A. Auf dem Gebiet der Benennungen und Begriffe liegen Entwürfe für eine Vereinheitlichung vor. In der ETZ 1930, S. 738, hat Prof. Dr. Dr. W. Windel Vorschläge gemacht, die für die wichtigsten Größen die Ausdrucksweise, Abkürzung und Schreibweise unter Zuhilfenahme der Mnemotechnik festlegen. Da die Indizes bei diesen Vorschlägen auf den in der deutschen Sprache vorkommenden Bezeichnungen aufgebaut sind, wäre hierzu noch die Frage zu klären, in welchem Umfang vielleicht für eine internationale Einführung kleine Änderungen erforderlich wären. Auch andere Stellen, so die VDEW, haben sich schon auf diesem Gebiet für Vereinheitlichung eingesetzt.

B. Die graphische Darstellung bestimmter Belastungsverhältnisse soll nicht nur einen leichten, optischen Vergleich ermöglichen, sondern auch in einer Form durchgeführt werden, die eine bequeme Verwendung bei neuen Untersuchungen gestattet, selbst wenn hierbei die verschiedensten Quellen benutzt werden. Eine Darstellung von Belastungsverhältnissen ist in mehrfacher Weise möglich:

1. durch fortlaufende Kurven aufeinanderfolgender Tage (Registrierstreifen) oder einzelner Tage in ebenen Koordinaten;
2. durch Hintereinanderreihung aufeinanderfolgender Tage (Pappkurven) in räumlichen Koordinaten (Belastungsgebirge);
3. durch Projektion von Niveaulinien der Belastungsgebirge auf ebene Koordinatensysteme (topographische Darstellung).

Von diesen drei Möglichkeiten ist keine universell anwendbar, vielmehr muß jede dort benutzt werden, wo sie die klarste Anschauung mit geringstem Aufwand vermittelt.

Bei der Anfertigung von Tagesbelastungskurven und Belastungsgebirgen ist zu unterscheiden, ob die Leistungen als absolute Beträge oder nur relativ eingezeichnet werden. Im ersten Fall ist die Einteilung der Ordinate in gewissem Maße willkürlich. Jedes Werk wird entsprechend seiner Größe die Einheit der Leistung so wählen, daß das Auftreten der Belastungsschwankungen klar erkennbar ist. Wächst die Leistungsabgabe des Werkes schnell, so wird die Belastungsspitze mit der Zeit scheinbar immer steiler aussehen, lediglich weil bei gleichem Maßstab für die Zeitachse die Leistungsbeträge immer größer wurden. In diesen Fällen wird es daher nötig sein, den Leistungsmaßstab in gewissen Zeitabständen zu ändern. Andernfalls würden die Belastungskurven früherer Jahre optisch eine bessere Ausnutzung vortäuschen, als tatsächlich vorgelegen hat.

Werden bei Tagesbelastungskurven und Belastungsgebirgen die Leistungen nur relativ zur Höchstlast einge-

zeichnet, so empfiehlt sich, für den Betrag von 100 % dasselbe Maß zu nehmen wie in der Zeitachse für die Dauer eines Tages. Diese Darstellungsform kann niemals sofort laufend aus den Aufzeichnungen der Leistungsmesser hervorgehen, sie kann vielmehr erst nach Ablauf eines Jahres, wenn der Tag der Höchstbelastung gewesen ist, durch Umzeichnen festgelegt werden. Sie ist für die Werke allerdings mühselig und zeitraubend, stellt aber ein ideales Mittel dar, um Belastungskurven miteinander vergleichen zu können, u. zw. sowohl Kurven desselben Werkes aus verschiedenen Jahren, als auch Kurven eines Tages von verschiedenen Werken.

Der Maßstab für die Zeitachse kann im Gegensatz zu den Leistungsbeträgen nicht willkürlich gewählt werden. Hierbei sind drei Gesichtspunkte zu berücksichtigen:

1. Normung der Registrierstreifen;
2. Verwendung der Kurven in Zeitschriften;
3. Verwendung der Kurven für Lichtbilder.

Für den Stundenvorschub bei den Registrierstreifen sind Richtwerte in dem Normblatt Din 1507 festgelegt. Hiernach sind 10, 20, 60 und 120 mm für 1 h zu wählen, wobei 20 mm am meisten in Frage kommen. Die Normung des Zeitschriftenformats und damit des Satzspiegels sieht für die Druckstöcke die Breiten von 81 und von 167 mm vor. Bei den Lichtbildern im Format 8,5 · 10 cm muß eine Unterbringung der Belastungskurve möglich sein, sowohl bei unten- wie bei rechtsliegender Schriftleiste.

Abb. 1. Belastungskurve mit normaler Zeiteinteilung.

Abb. 2. Anormale Zeiteinteilung zur Verdeutlichung der Nachtsenke.

Abb. 3. Anormale Zeiteinteilung zur Verdeutlichung der Spitze.

Es wird vorgeschlagen, auf der Zeitachse für 24 h eine Entfernung von 6 cm oder einem graden Vielfachen bzw. Bruchteil hiervon zu wählen. Dieser Betrag entspräche einer Stundenentfernung von $\frac{60\text{ mm}}{24\text{ h}} = 2{,}5$ mm/h. Diese Festlegung hat den Vorteil, daß die hiernach angefertigten Diagramme in gleicher Weise für Zeitschriften wie Lichtbilder geeignet sind. Die Stundenentfernung von 2,5 mm beträgt $\frac{2{,}5\text{ mm}}{20\text{ mm}} = \frac{1}{8}$ des Stundenvorschubs von 20 mm nach DIN 1507. Wenn also beispielsweise Diagramme nach Registrierstreifen angefertigt werden, so bedeutet es eine wesentliche Erleichterung, falls die Zeiteinheit auf dem Streifen und auf der Zeichnung gleich groß ist. Durch Verkleinerung auf $\frac{1}{8}$ ist ein so gezeichnetes Diagramm ohne weiteres den Größen der genormten Zeitschrift und des Lichtbildes angepaßt. Eine Breite der Netzfläche von Belastungsdiagramm im Betrage von 6 cm gestattet noch bequem eine ausreichend lesbare Bezifferung der Ordinatenachse. Bei der Darstellung des Belastungsverlaufs über eine Woche würde die Tageslänge zweckmäßig zu 3 cm gewählt werden, so daß sich die sieben Tage bequem im DIN-Format A 4 quer zur Darstellung bringen lassen.

Von großer Wichtigkeit ist die Einteilung des gewählten Maßstabes auf der Zeitachse. Die oft übliche Einteilung des Tages mit der Stundenbezifferung 0, 6, 12, 18, 24 Uhr hat den Nachteil, daß man bei weiterer Aufteilung dritteln muß, was sowohl nach Augenmaß wie mit Maßstab schwieriger ist als eine Halbierung. Es empfiehlt sich daher die Drittelung von Anfang an vorzunehmen, damit an der veröffentlichten Zeichnung höchstens die leicht ausführbaren Teilungen durch zwei oder vier auszuführen sind. Die Einteilung wäre also: 0, 4, 8, 12, 16, 20, 24 Uhr.

Den Beginn der Zeitteilung mit 0 Uhr oder einer anderen Tageszeit ebenfalls festzulegen, erscheint nicht ratsam. Die natürliche Einteilung von 0 ... 24 Uhr (Abb. 1) ist dann von Nachteil, wenn durch sie die Nachtsenke ungünstig zerschnitten wird; in diesen Fällen ist eine Einteilung von 17 ... 17 Uhr am vorteilhaftesten (Abb. 2). Will man die größte Spitze in die Mitte des Diagramms verlegen, so ist ein Beginn um 7 Uhr zu empfehlen (Abb. 3).

Es wäre zu begrüßen, wenn die Hersteller graphischer Papiere für elektrizitätswirtschaftliche Zwecke Netzpapiere herausbrächten, die auf der 24 Stunden-Teilung aufgebaut sind. Die z. Z. im Handel üblichen meteorologischen Papiere mit 24 Stunden-Teilung genügen diesen Zwecken meist nicht. Die gedachte Ausführung müßte für einen Tag eine Breite von 12 oder 24 cm aufweisen. Die Vertikalschnitte von 0, 4, 8, 12, 16, 24 Uhr würden stärker, die der dazwischen liegenden Stunden schwächer auszuführen sein.

C. Für die Vereinheitlichung von Angaben und Bezugspunkten bei elektrizitätswirtschaftlichen Daten werden folgende Vorschläge gemacht: Beispielsweise werden bei den Leistungsanteilen bestimmter Gruppen von Hausgeräten diese Werte besser nicht auf einen Einwohner, sondern auf einen Haushalt bezogen. Die Zahl der Einwohner je Haushalt schwankt sowohl nach Ländern wie Städten stark, so daß die Bezugnahme der Leistung eines elektrischen Herdes in der Kochspitze auf einen Einwohner leicht zu irrtümlichen Auffassungen verleiten kann, wenn nicht bekannt ist, wieviel Einwohner in dem Ort auf einen Haushalt entfallen. Bei Angaben über Stromkonsum und Elektrizitätssättigung kann dagegen dem bisherigen Brauch entsprechend der Bezug auf einen Einwohner beibehalten werden.

In der heutigen Literatur sind die Einzelheiten, die zur Gesamtbeurteilung erforderlich sind, oft unvollständig und selten systematisch geordnet. Es wäre erwünscht, wenn beim Zitieren von Belastungsverhältnissen die wichtigsten Angaben in einer bestimmten Reihenfolge gemacht würden, wie etwa: Land — Ort — Werk — Tag, Monat, Jahr — Wochentag — elektrische Ausrüstung der erfaßten Verbraucher — Charakteristika der Bewohner. Wenn von diesen Daten einige unbekannt sind, müßte dies genau und ausführlich vermerkt werden, damit Zweifel vermieden werden.

Bei der Wiedergabe von Diagrammen sollte möglichst mitgeteilt werden, auf welchem Wege der Belastungsverlauf ermittelt wurde, ob durch direkte Messung, durch Differenzbildung oder als Mittelwert aus Einzelmessungen.

Eine großzügige Gemeinschaftsarbeit in der Elektrizitätswirtschaft hat das doppelte Ziel zu verfolgen: den Elektrizitätswirtschaftlern die Arbeit zu erleichtern und unproduktive Doppelarbeit zu vermeiden. Zu diesem Zweck wäre eine Sammelstelle zu schaffen, die nach einem bestimmten Plan die wichtigsten Ergebnisse theoretischer Untersuchungen und Berechnungen sowie die Betriebsergebnisse der Kraftwerke umfaßt. So wie jetzt bereits die der Vereinigung der Elektrizitätswerke angeschlossenen Mitglieder einer zentralen Organisation laufend bestimmte Betriebszahlen übermitteln, die der Aufstellung von Statistiken dienen, müßten auch an einer Stelle alle wichtigen Belastungsergebnisse gesammelt werden. Diese Einrichtung könnte wertvolle Grundlagen für weitere elektrizitätswirtschaftliche Untersuchungen liefern.

Der gedachten Sammelstelle würde das Material aus regional unterteilten Versorgungsbezirken zufließen.

Eine Abgrenzung bestimmter Arbeitsgebiete innerhalb der größten Werke hätte den Vorteil, daß gleichartige Untersuchungen und Messungen nur dann an ver-

schiedenen Orten vorgenommen werden, wenn sie durch die Verschiedenheiten der Versorgungsgebiete bedingt sind.

Die baldige Herbeiführung einer Verständigung über die Vereinheitlichung und Zusammenarbeit würde gerade jetzt wertvoll sein, weil die Elektrizitätswirtschaft noch in den Anfängen ihrer Entwicklung steht und wir uns deshalb noch in einem günstigen Augenblick hierfür befinden.

Mitteilungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

Bekanntmachung über Prüfungen und Beglaubigungen durch die Elektrischen Prüfämter[1].

Nr. 306.

Auf Grund des § 10 des Gesetzes vom 1. VI. 1898, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, werden den Systemen 141 und 145 folgende Elektrizitätszählerformen als Zusatz eingereiht.

I. Zusatz zu System 141, die Formen D 6, D 6–2/3, D 6–2/4, TD 6, TD 6–2/3, TD 6–2/4, UD 6, UD 6–2/3, UD 6–2/4, WD 6, WD 6–2/3, WD 6–2/4, Induktionszähler für mehrphasigen Wechselstrom,

II. Zusatz zu System 145, die Formen DU 6, TDU 6, UDU 6, WDU 6, Induktionszähler für Drehstrom mit und ohne Nulleiter, sämtlich hergestellt von der **Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft** in Berlin.

Berlin-Charlottenburg, den 2. IX. 1931.

Der Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

Paschen.

Beschreibung.

I. Zusatz zu System 141,

die Formen D 6, D 6–2/3, D 6–2/4, TD 6, TD 6–2/3, TD 6–2/4, UD 6, UD 6–2/3, UD 6–2/4, WD 6, WD 6–2/3, WD 6–2/4, Induktionszähler für mehrphasigen Wechselstrom, hergestellt von der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft in Berlin.

Die durch die Bekanntmachungen Nr. 236 vom 16. V. 1927 (ETZ 1927, S. 1078) und Nr. 287 vom 16. IX. 1930 (ETZ 1930, S. 1620) zur Beglaubigung zugelassenen Induktionszähler für mehrphasigen Wechselstrom der Formen D, D 2/3, D 2/4 des Systems 141 werden in abgeänderter Ausführung unter den Formzeichen D 6, D 6–2/3, D 6–2/4 hergestellt und können in dieser Ausführung für Nennstromstärken von 5 ... 100 A, für Nennspannungen bis 550 V und für Nennfrequenzen von 40 ... 60 Hz beglaubigt werden. Die Zähler der neuen Ausführung unterscheiden sich von denen der bisher zugelassenen Ausführung im wesentlichen in folgenden Punkten.

1. Die Querschnitte des Stromeisens und des Schlußkernes des Spannungseisens sind verringert. Die Stoßfuge zwischen dem Spannungskern, auf dem die Spannungsspule sitzt, und dem Schlußkern des Spannungseisens liegt oberhalb der Spannungsspule.
2. Die Länge der Spannungspole ist etwas verkürzt.
3. Als Leerlaufhemmung ist am Spannungspol des unteren Systems ein besonderes Streublech vorgesehen, welches dem an der Ankerachse befestigten Bremshäkchen genähert oder von ihm entfernt werden kann.
4. Das zur Abgleichung der Triebsysteme auf gleiche Zugkraft bisher verwendete Eisenblech ist durch einen Eisenwinkel mit schwenkbarer Eisenzunge ersetzt.
5. Die Bewicklung der Strom- und Spannungsspulen ist geändert.
6. Die Dicke der Ankerscheibe ist erhöht.

Die Zähler können auch dann beglaubigt werden, wenn sie anstatt eines Einfachzählwerkes ein Doppeltarifzählwerk nebst Umschaltemagneten und eine dazugehörige getrennt angeordnete Umschaltuhr besitzen. Diese Zähler führen die Formbezeichnungen TD 6, TD 6–2/3, TD 6–2/4. Die Uhr ist in die Zulassung zur Beglaubigung nicht einbegriffen. Die Einrichtung des Doppelzählwerkes und des Umschaltemagneten ist im wesentlichen die gleiche, wie sie in der Bekanntmachung Nr. 70 vom 22. IV. 1912 beschrieben und aus der Abb. 8 daselbst zu ersehen ist.

Ferner können die Zähler auch dann beglaubigt werden, wenn sie ein Doppelzählwerk besitzen, dessen Umschaltung mechanisch mittels einer eingebauten Umschaltuhr erfolgt, und zwar führen diese Zähler die Formbezeichnungen UD 6, UD 6–2/3, UD 6–2/4, wenn zur Umschaltung des Zählwerkes eine Uhr mit Federwerk vorgesehen ist, und die Formbezeichnungen WD 6, WD 6–2/3, WD 6–2/4, wenn hierzu eine Uhr mit Synchronmotor eingebaut ist.

Das Uhrwerk der Doppeltarifzähler mit eingebauter Uhr ist durch eine besonders plombierbare Fensterklappe zugänglich. Da die Uhr von dem Zähler durch eine Zwischenwand abgetrennt ist, so sind die Einstellung der Uhr und der Zeitpunkte der Tarifumschaltung sowie der Aufzug des Uhrwerkes möglich, ohne daß die Angaben der Zählwerke verstellt oder der Gang der Zähler beeinflußt werden können.

Die Uhr ist jedoch bei diesen Doppeltarifzählerformen mit eingebauter Uhr bestimmungsgemäß in die Zulassung zur Beglaubigung nicht miteinbegriffen. Die Zähler tragen daher gemäß der Bekanntmachung Nr. 100 vom 31. V. 1915 auf der Vorderseite die Aufschrift: „Uhren zur Tarifumschaltung sind bestimmungsgemäß von der Beglaubigung ausgeschlossen."

Die untersuchten Zähler hatten bei Nennlast ein Drehmoment von etwa 8,7 ... 12,0 cmg. Sie liefen bei induktionsfreier Belastung mit etwa 0,3 % des Nennstromes an. Das Ankergewicht wurde bei einem Zähler zu 60 g, die Drehzahl der Zähler zu 38 ... 44 U/min ermittelt. Der Eigenverbrauch in den Spannungskreisen betrug bei 110 V Nennspannung etwa 2 · 0,56 W und bei 380 V Nennspannung etwa 2 · 0,60 W. Der Eigenverbrauch in den Hauptstromkreisen belief sich auf etwa 2 · 0,46 W bei 50 A und auf etwa 2 · 2,97 W bei 100 A Nennstromstärke.

II. Zusatz zu System 145,

die Formen DU 6, TDU 6, UDU 6, WDU 6, Induktionszähler für Drehstrom mit und ohne Nulleiter, hergestellt von der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft in Berlin.

Die durch die Bekanntmachung Nr. 242 vom 8. VII. 1927 (ETZ 1927, S. 1454) zur Beglaubigung zugelassenen Induktionszähler für Drehstrom mit und ohne Nulleiter der Form DU des Systems 145 werden in abgeänderter Ausführung unter der Formbezeichnung DU 6 hergestellt und können in dieser Ausführung für Nennstromstärken von 5 bis 100 A, für Nennspannungen bis 550 V und für Nennfrequenzen von 40 ... 60 Hz beglaubigt werden. Die Zähler der Form DU 6 unterscheiden sich von denen der Form DU in den gleichen Punkten, in denen sich die Zähler der Form D 6 gemäß I dieser Bekanntmachung von den Zählern der Form D unterscheiden.

Die Zähler können auch beglaubigt werden in der Ausführung als Doppeltarifzähler mit getrennter Schaltuhr unter der Formbezeichnung TDU 6 und als Doppeltarifzähler mit eingebauter Schaltuhr unter den Formbezeichnungen UDU 6 (wenn die Uhr mit Federwerk versehen ist) bzw. WDU 6 (wenn die Uhr statt des Federwerks einen Synchronmotor besitzt). Bezüglich der Ausführung der Doppeltarifeinrichtung, des Zusammenbaues der Zähler mit dem Uhrwerk sowie der Aufschrift gilt das oben unter I Gesagte auch hier.

Die untersuchten Zähler hatten bei Nennlast ein Drehmoment von etwa 8,7 ... 10,5 cmg. Sie liefen bei induktionsfreier Belastung mit etwa 0,3 % des Nennstromes an. Das Ankergewicht wurde bei einem Zähler zu 90 g, die Drehzahl der Zähler zu 38 ... 42 U/min ermittelt. Der Eigenverbrauch in den Spannungskreisen betrug bei 550/318 V Nennspannung etwa 3 · 0,41 W und bei 380/220 V Nennspannung etwa 3 · 0,55 W. Der Eigenverbrauch in den Hauptstromkreisen belief sich auf etwa 3 · 0,55 W bei 10 A und auf etwa 3 · 2,69 W bei 50 A Nennstromstärke.

---

[1] Reichsministerialblatt 1931, S. 653.

RUNDSCHAU.

Beleuchtung.

Die Sichtbarkeit von Licht-Tagessignalen. — Im Laufe der letzten Jahre sind bei den Schnellbahnen des Berliner Stadtverkehrs die früheren Formsignale mit beweglichen Armen durch elektrische Lichtsignale ersetzt worden. Die Reichsbahn bereitet seit einiger Zeit auch für die Fernstrecken die allgemeine Einführung dieser Signale vor. Da über die Reichweite farbiger Lichtsignale bei Tage bisher so gut wie kein Erfahrungsmaterial vorlag, wurden von L. Bloch in der Beleuchtungstechnischen Abteilung der Osram G. m. b. H. Versuche angestellt mit der Aufgabe, die Abhängigkeit der Reichweite von Lichtsignalen bei klarem und nebligem Wetter von der Lichtstärke und Lichtfarbe der benutzten Lichtquellen festzustellen, um auf diese Weise Unterlagen für die Berechnung der optischen Ausrüstung der Signalgeräte zu gewinnen. Die Versuche wurden in der Weise ausgeführt, daß Glühlampen verschiedener Lichtstärke (von 3 W bis 5000 W), die hinter roten, grünen und gelben Signalgläsern aufgestellt waren, durch eine Anzahl von Versuchspersonen aus verschiedener Entfernung beobachtet und der Grad der Erkennbarkeit bestimmt wurden. Als Reichweite der Signale wurde diejenige Entfernung angesehen, bei der die Mehrzahl der Beobachter den Zustand als „schwer erkennbar" angesprochen hatte. Die Versuche wurden an verschiedenen Tagen wiederholt und aus den Ergebnissen aller Versuchsreihen das Mittel genommen.

Die Versuche bei klarem Wetter ergaben, daß die erforderliche Lichtstärke dem Quadrat der verlangten Reichweite proportional ist, u. zw. gilt für rotes Licht die Beziehung $I = 20\,a^2$ und für grünes Licht $I = 80\,a^2$ (I Lichtstärke in HK, a Reichweite in km). Für weißes und gelbes Licht sind die erforderlichen Lichtstärken ungefähr ebenso groß wie für grünes Licht. Rote Signale erfordern also nur etwa ¼ der Lichtstärke grüner, gelber oder weißer Signale, um bei klarem Wetter ebenso weit sichtbar zu sein. Kleine Unterschiede im Farbton der Signalgläser üben keinen nennenswerten Einfluß auf die Sichtbarkeit aus, dagegen ist die Sichtbarkeit um so besser, je reiner die Farbe der Gläser ist. Einen erheblichen Einfluß übt dagegen die Beschaffenheit des Hintergrundes aus, gegen den das Signalglas kontrastiert; ein Signal auf dunklem Hintergrund ist naturgemäß besser zu erkennen als ein solches auf hellem Grunde. Der Einfluß der Leuchtdichte scheint sich dahin geltend zu machen, daß Signale mit großer Leuchtdichte weiter sichtbar sind als die mit kleiner Leuchtdichte (gleiche Lichtstärke vorausgesetzt).

Bei den Versuchen über die Sichtweite bei Nebel wurde festgestellt, wie die Erkennbarkeit von der Lichtstärke und von der die Stärke des Nebels kennzeichnenden Sichtweite abhängig ist. Die Sichtweite wurde aus dem bekannten Abstand eben noch erkennbarer Flaggen- oder Leitungsmaste und Schornsteine bestimmt. Die Versuche wurden bei Sichtweiten von 200 ... 1400 m vorgenommen, die erhaltenen Ergebnisse lassen sich durch die Formel $I = c\left(\frac{a}{\sqrt[3]{s^2}}\right)^4$ ausdrücken, in der I die Lichtstärke in HK, a die Reichweite, s die Sichtweite (beide in km) und c eine Konstante bedeuten, die für rotes Licht den Wert 540, für grünes, gelbes und weißes Licht den Wert 1080 hat.

Für die praktische Berechnung der Signale ist die Größe der zugelassenen Mindestsichtweite des Nebels, bei der die Erkennbarkeit des Lichtsignals noch gefordert wird, maßgebend. Um über die Häufigkeit und Stärke des bei uns auftretenden Nebels einen Überblick zu gewinnen, hat die Deutsche Reichsbahn auf Veranlassung des Reichsbahn-Zentralamts an 29 verschiedenen Beobachtungsstellen ihres Netzes in den Jahren 1926 ... 1928 Beobachtungen über die Sichtbarkeit der Signalflügel von Einheitsignalen anstellen lassen. Aus dem Ergebnis dieser Beobachtungen läßt sich folgende Annäherungsformel für die Beziehung zwischen der „Unsichtbarkeit" u (Prozentsatz der Tage im Jahre, an denen die betreffende Sichtweite unterschritten wird) und der Sichtweite s in km ableiten: $u = 30\,s^2$ oder $s = 0{,}18\,\sqrt{u}$. Diese Beziehung sowie die oben für die erforderliche Lichtstärke angegebene gestatten nun die Lichtstärke von Signalen unter verschiedenen Bedingungen annähernd vorauszuberechnen. In noch einfacherer Weise ist dies mit Hilfe eines vom Verfasser angegebenen Nomogramms auszuführen. (L. Bloch, Organ Fortschr. Eisenbahnw. Bd. 86, S. 99.) *Frh.*

Bahnen und Fahrzeuge.

Beitrag zur Bestimmung des inneren Scheinwiderstandes einer Eisenbahnschiene. — Eine Eisenbahnschiene stellt einen Eisenkörper mit verhältnismäßig großen Abmessungen dar, bei dem bekanntlich eine sehr erhebliche Hautwirkung auftritt. Die Stromverteilung in einem solchen Leiter und die sich damit ergebende innere Induktivität und die Verluste sind für Leiter mit einfachen geometrischen Abmessungen bekannt. Für Eisenbahnschienen mit ihren rechnerisch kaum erfaßbaren Abmessungen versuchte man Ersatzleiter einzuführen, indem man entweder als Querschnitt den Kreis gleichen Umfanges wie die Schienen wählte oder die Krümmung der Schienenoberfläche vernachlässigte und mit den für ebene Platten aufgestellten Formeln rechnete. Die letztere Annahme hat deshalb eine gewisse Berechtigung, weil die Eindringtiefe des Stromes tatsächlich so gering ist, daß man statt des in Wirklichkeit sehr erheblichen Querschnitts eine gegen die Fläche kleine Dicke setzen darf. Über die Stromdichte an den einzelnen Punkten der Schienenoberfläche und über die Verteilung der Feldlinien um die Schiene herum fehlten bisher Literaturangaben. Derartige Messungen wurden bei 16⅔ Hz an einem 2 m langen Stück einer Schiene von normalem Profil (Querschnitt 58,9 cm², Umfang 56 cm) vorgenommen. Dieses Schienenstück bildete mit den Stromzuführungskabeln ein Rechteck von 2 × 1 m. In das dem Schienenkopf gegenüberliegende Kabel war ein rohrförmiger Widerstand eingeschaltet, dessen Wandstärke klein im Vergleich zum Durchmesser war, und der im Inneren Spannungsabgriffe 1, 2 zur Messung seines induktionsfreien Spannungsabfalles besaß. An zwei Punkten 3 und 4 der Schiene in je 25 cm Abstand von Schienenmitte waren die Anschlüsse des Meßdrahtes an den Schienen angebracht. Der Meßdraht bestand aus einem mit Bronzebürsten an die Schienen angeschlossenen Kupferdraht möglichst kleinen Durchmessers, um seine Achse so nahe an die Oberfläche heranzubringen, daß die wirkliche Feldverteilung an der Oberfläche hinreichend genau ermittelt werden konnte. Die Messungen wurden durch Kompensation der Spannungsabfälle an 1, 2 zur Messung des Stromes und an 3, 4 zur Messung des Scheinwiderstandes der Schiene mittels des Geygerschen Wechselstromkompensators und Vibrationsgalvanometers durchgeführt, u. zw. an 7 Meßpunkten an der Schienenoberfläche (in Abb. 1 mit Zahlen bezeichnet). Der größte Unterschied der Stromdichte am Umfang ist etwa 5 %, also sehr gering. Ferner wurden die Linien gleicher elektromotorischer Kräfte in den von Meßdraht und Schiene gebildeten Schleifen ermittelt, die ein Bild des Kraftlinienverlaufes um die Schiene herum geben (Abbildung 1).

Abb. 1. Linien gleicher Induktivität um eine Schiene herum.

Die Berechnung der inneren Induktivität der Schiene wird meist so durchgeführt, daß man statt des Schienenquerschnitts den Kreis gleichen Umfanges ansetzt. Bei der vorliegenden Schiene würde dies zu einem Radius von 8,9 cm führen. Dieser Kreis ist in Abb. 1 gestrichelt eingezeichnet. Die innere Induktivität des Ersatzleiters mit Kreisquerschnitt gleichen Umfanges wie die Schiene würde sich aus der Messung an der äußersten, kreisför-

migen Feldlinie mit dem Halbmesser 12 cm durch Abzug der von dieser Feldlinie und dem Ersatzleiter begrenzten Luftfeld-Induktivität: $L_{Luft} = 0{,}2 \ln \frac{12}{8{,}9}$ mH/km ergeben. Es liegt nahe, diesen Wert als innere Induktivität der Schiene zu definieren, die sich so zu 1,64 mH/km ergibt. Man sieht, daß dieser Wert genau mit dem am Schienenkopf gemessenen Wert übereinstimmt. Eine Messung an dieser Stelle wird also recht brauchbare Resultate liefern, sofern sich bei anderen Schienen nicht große Abweichungen finden. Die innere Induktivität und der Verlustwiderstand wurden für einen Strombereich bis 114 A ermittelt und daraus die Permeabilität errechnet. Ergänzend werden noch Angaben über die Eindringtiefe des Stromes in die Schiene gemacht und Vergleiche mit früheren Messungen von Kennelly[1] gezogen. (E. R. Benda, Wiss. Veröff. Siem.-Konz. Bd. 10, S. 91.) *Spi.*

Die elektrischen Vorortbahnen von Madras. — Zu den hier gemachten kurzen Angaben[2] über die elektrischen Vorortbahnen der Südindischen Bahnen in Madras sei folgendes ergänzt. Den Hauptverkehr auf der in Abb. 2 angegebenen Strecke Madras—Tambaram besorgen Triebwagenzüge aus 1 ... 3 Wageneinheiten, die je aus 3 Ganzstahl-Wagenkästen mit 2 Jakobs-Drehgestellen und 2 gewöhnlichen zweiachsigen Enddrehgestellen bestehen. Die den tropischen Wetterverhältnissen angepaßten Abteilwagen ähneln im Aufbau und der Innenausstattung den Wagen der Berliner Stadtbahn. Die Wageneinheit, die etwa 74 t wiegt, wird von 4 Nasenmotoren in den beiden Jakobs-Drehgestellen angetrieben. Die Motoren leisten zusammen 480 PS/h bei 750 V und arbeiten zu je 2 dauernd in Reihe an der 1500 V-Fahrleitung. Sie haben Eigenlüftung mit beweglichen Luftkanälen, die sich erst in Dachhöhe nach außen öffnen. Die Vielfachsteuerung liegt in einem besonderen Hochspannungsabteil neben dem Gepäckraum im mittleren Wagenkasten, der auch den Stromabnehmer mit Doppelwippe trägt. Das Abteil enthält noch einen 4 kW, 1500/60 V-Motorgenerator für Steuerung und Licht sowie einen 1500 V-Motorluftsauger für die Luftsaugebremsen. Die durchschnittliche Reisegeschwindigkeit über die 30 km lange Strecke ist 64 km/h bei einem mittleren Haltestellenabstand von 2,4 km. Die 3-Wagen-Einheit hat 194 Sitzplätze 3. Klasse und ist rd. 46 m lang.

Abb. 2. Plan der elektrischen Vorortbahnen von Madras.

Die 4 neuen elektrischen B_0B_0-Lokomotiven von je 42,6 t Gewicht haben 4 Nasenmotoren von je 160 PS/h bei 750 V mit 2 Feldschwächstufen, so daß bei der möglichen einfachen Reihen-Parallelschaltung der Einzelsteuerung insgesamt 6 Dauerfahrstufen erzielt werden. Entsprechend der Praxis der englischen Kolonialbahnen haben diese Lokomotiven eine Eigenbremsung durch Luftdruck und führen daneben die vollständige Luftsauge-Bremseinrichtung für die Züge. Um mit diesen Lokomotiven auch auf Gleisen ohne Fahrleitung arbeiten zu können, wird in diesem Falle ein zweiachsiger Akkumulatoren-Tender von 21 t Gesamtgewicht angehängt. Er trägt eine 440 V-Batterie von 158 kWh Kapazität bei fünfstündiger Entladung, die zugehörigen Ladeschaltgeräte und einen 440 V-Motorluftpresser, der zur Führung der Lokomotivbremsung beim Batterieantrieb nötig wird. (Railw. Engineer Bd. 52, S. 296.) *Mal.*

[1] ETZ Bd. 51, S. 1531
[2] ETZ 1930, S. 1135.

Fernmeldetechnik.

Zweibandfernsprechen von Helgoland nach Cuxhaven und Hamburg. (Mitteilung aus dem Reichspost-Zentralamt.) Zwischen Cuxhaven und Helgoland ist seit 1903 ein Seekabel von 80 km Länge in Betrieb, das eine Fernsprech-Doppelleitung mit Krarup-Umspinnung und zwei für Telegraphenzwecke bestimmte Adern ohne erhöhte Induktivität enthält; sämtliche Leitungen sind Litzendrähte. Da die Fernsprechleitung der Verkehrszunahme in der Badesaison in keiner Weise genügen konnte, mußte auf erhöhte Ausnutzung des Kabels Bedacht genommen werden. Die Mitbenutzung der Telegraphenadern zum Fernsprechen scheiterte an der hohen Dämpfung (2,5 Neper bei 800 Hz, 3,8 Neper bei 2000 Hz) der unbelasteten Leitungen; ebenso ließ das starke Mitsprechen die Bildung eines Vierers aus der Fernsprechleitung und den Telegraphenleitungen nicht zu. Ein Ausweg bot sich durch Verwendung des bereits vorher im deutsch-schwedischen Kabel benutzten Zweibandfernsprechens, nachdem durch Messung festgestellt worden war, daß die Frequenzabhängigkeit von Wellenwiderstand und Dämpfung sowie die Nebensprechdämpfung dem Zweibandbetrieb keine Hindernisse boten. Da zufällig ein geeigneter vollständiger Gesprächsatz für Zweibandtelephonie verfügbar war, der in einfacher Weise für den Betrieb auf den Telegraphenleitungen hergerichtet werden konnte, so wurden diese Leitungen auf die neue Betriebsweise umgestellt, während die Einrichtung der Fernsprechleitung für Zweibandbetrieb unterblieb, da hierfür ein neues Gerät hätte entwickelt werden müssen, was wegen der Dringlichkeit der Betriebsentlastung nicht zu schaffen war. Die neue Zweibandverbindung Cuxhaven—Helgoland ist in Cuxhaven durch eine Gabelschaltung mit einer oberirdischen Leitung nach Hamburg verbunden; der Betrieb in der Verbindung ist einwandfrei, auch in bezug auf die über Hamburg hinausgehenden Durchgangsverbindungen. Telegramme von und nach dem Festland werden durch Fernsprecher befördert. (W. Weinitschke, Tel. u. Fernspr.-Techn. Bd. 19, S. 310.) *But.*

Bildtelegraph der International Telephone & Telegraph Corp. — Den von der Versuchsanstalt in Hendon (England) für die Übertragung von Schwarz-Weiß-Bildern gebauten Sender zeigt Abb. 3. Die zu übermittelnden Zeichnungen usw. werden auf ebenen Blatthaltern befestigt; die Halter werden durch eine Schraubspindel an dem Abtastgerät vorbeigeführt. Eine senkrechte Röhre trägt vier waagerechte, um 90° versetzte, an den Enden nach unten gebogene Röhrenansätze. Das System dreht sich um eine senkrechte Achse. Einer der vier Arme bewegt sich in einem Ausschnitt eines Hohlkörpers, dessen Innenflächen spiegeln; verläßt der Arm den Hohlkörper, so tritt der nächste in ihn ein. Die Strahlen einer Lichtquelle werden im Innern des Röhrensystems durch Prismen und Linsen zu den vier Armen gleichzeitig weitergeleitet. Aus dem Röhrenansatz, der sich gerade innerhalb des Hohlkörpers befindet, gelangt der Lichtstrahl durch einen Schlitz auf das zu übermittelnde Bild, wird von diesem zurückgeworfen und durch die spiegelnden Innenflächen des Hohlkörpers zu zwei feststehenden, parallel geschalteten Photozellen geleitet. Während eines Viertels der Drehung wird eine Bildzeile abgetastet, der folgende Arm tastet die nächste Zeile ab, da der Blatthalter inzwischen weitergeschoben worden ist, usw. In 1 s werden 10 Zeilen abgetastet; die Zeilenbreite ist in der Arbeit nicht angegeben. Der Empfänger ist ähnlich wie der Sender gebaut. Die ankommenden Ströme fließen durch einen Verstärker mit Zusatz zu einer Glimmlampe mit Argonfüllung. Das Licht der Glimmlampe wird durch ein sich drehendes Röhrensystem mit 4 Armen geleitet und auf photographisches Papier geworfen.

Zum Antrieb dienen Gleichstrommotoren, deren Geschwindigkeit mit Hilfe einer Stimmgabel stetig erhalten wird. Der Phaseneinstellung und Gleichlaufabstimmung dient folgende Einrichtung. An beiden Rändern der Spiegel des Hohlkörpers im Abtastgerät befindet sich im Abstand von 90° je eine kleine Linie. Bei jeder Abtastung dieser Marken wird, ebenso wie bei jedem andern schwarzen Bildpunkt, ein Strom in die Leitung ge-

schickt, der im Empfänger einen Lichtstrahl auslöst. Im Empfänger ist, um 180° gegen den Teil des Kreisbogens versetzt, auf dem das Bild auf dem photographischen Papier erzeugt wird, ein Zelluloidstreifen angebracht, auf dem die an der Bildherstellung nicht beteiligten Arme Lichtpunkte entsprechend den eingehenden Strömen erzeugen. Auf diesem Streifen sind, ebenfalls im Abstand von 90°, Marken angebracht. Stehen zwei Arme des Abtasters im Sender so, daß ihr Lichtstrahl die Linien im Spiegel trifft, so bilden sich die Linien als leuchtende Punkte auf dem Zelluloidstreifen des Empfängers ab. Man regelt nun die Motordrehzahl so lange, bis diese Punkte auf die beiden Marken fallen. Dann besteht Phasenübereinstimmung zwischen Sender und Empfänger. Während der Bildübertragung kann man dauernd das Zusammentreffen der beiden Einstell-Lichtpunkte mit den Marken überwachen und merkt jede Phasenverschiebung oder Abweichungen vom Gleichlauf. Auch bei der Abtastung einer leeren Fläche wird dieses Phasenzeichen 10 mal in 1 s gegeben. Benutzt man Verstärker, die Frequenzen bis zu 10 Hz herunter durchlassen, so braucht man keine Trägerfrequenz; die sonst übliche Lochscheibe ist entbehrlich.

Abb. 3. Bildsender der International Telephone & Telegraph Corp.

Das Versuchsbildgerät soll 60 Druck- oder Schreibmaschinenseiten in 1 h übertragen können, von denen jede 500 Wörter in Maschinenschrift oder bis 1500 gedruckte Wörter enthält. (The Electrician Bd. 106, S. 511.) *Kt.*

Physik und theoretische Elektrotechnik.

Messung der Dielektrizitätskonstante und der scheinbaren Leitfähigkeit von Isolierstoffen bei Hochfrequenz. — Zur Untersuchung der Eigenschaften von Isolierstoffen bei Hochfrequenz benutzt H. Kühlewein einen lose an einen Sender gekoppelten sekundären Schwingungskreis. Die Kapazität dieses Kreises besteht aus zwei Kondensatoren, dem variablen Meßkondensator und dem hierzu parallel geschalteten Versuchskondensator. Durch Veränderung der Kapazität wird die Resonanzkurve aufgenommen, darauf das zu untersuchende Dielektrikum zwischen die Platten des Versuchskondensators gebracht und nochmals die Resonanzkurve aufgenommen. Bei Wellenlängen über 600 m wurde die Spannungsresonanzkurve mit einem Zweifadenelektrometer aufgenommen, bei kleineren Wellenlängen die Stromresonanzkurve mit einem Hitzdraht-Milliamperemeter. Die Verschiebung des Maximums der Resonanzkurve ergibt die durch das Dielektrikum bedingte Kapazitätsänderung ΔC, aus der sich die Dielektrizitätskonstante ε berechnet

$$\varepsilon = \frac{4\pi d}{O} \Delta C + 1,$$

wenn O die Oberfläche und d die Dicke des Dielektrikums bedeuten. Ferner bestimmt man aus beiden Resonanzkurven das logarithmische Dämpfungsdekrement. Aus der Differenz ϑ_n der beiden Dämpfungen berechnet sich die scheinbare spezifische Leitfähigkeit zu

$$\varkappa = \frac{C_n \vartheta_n \omega}{30 \pi c} \frac{d}{O} \quad [\Omega^{-1}\,\mathrm{cm}^{-1}].$$

Nach dieser Beziehung ist die Leitfähigkeit proportional der Frequenz. Die „Güte" eines Dielektrikums in Abhängigkeit von der Frequenz wird daher besser durch den Ausdruck

$$\frac{\varkappa}{\omega} = \frac{C_n \vartheta_n}{30 \pi c} \frac{d}{O} \left[\frac{\mathrm{sek}}{\Omega\,\mathrm{cm}}\right]$$

angegeben, den der Verfasser als Frequenzleitfähigkeit bezeichnet. Dieser Ausdruck ist vorteilhafter als der Verlustwinkel δ, der mit $\varkappa/\omega$ zusammenhängt durch

$$\sin \delta = \frac{3{,}6 \cdot 10^{12} \pi}{\varepsilon} \frac{\varkappa}{\omega}.$$

$\varkappa/\omega$ ist direkt proportional der auftretenden Dämpfung, während in $\sin \delta$ noch die Dielektrizitätskonstante im Nenner auftritt. Ändern sich die Dielektrizitätskonstante und Frequenzleitfähigkeit gleichsinnig in Abhängigkeit von der Frequenz, so kann unter Umständen der Verlustwinkel sogar konstant bleiben und also ein falsches Bild von der „Güte" eines Isoliermaterials geben. Die starke Abhängigkeit der Dielektrizitätskonstante und der Frequenzleitfähigkeit von der Frequenz wird durch eine Reihe von Messungen an verschiedenen Isoliermaterialien dargetan. (H. Kühlewein, Z. techn. Phys. Bd. 10, S. 28.) *Br.*

Die Maximumsbedingungen des temporären Magnetismus. — Wenn ein Körper eine langgestreckte Form hat oder einen magnetischen Kreis mit einem engen Luftspalt darstellt, ist oft die remanente Magnetisierung $\mathfrak{J}_r$ sehr beträchtlich, die temporäre $\mathfrak{J}_t = \mathfrak{J} - \mathfrak{J}_r$ aber sehr gering. Das rührt daher, daß in Körpern solcher Gestalt die entmagnetisierende Wirkung zu klein ist. Wenn jedoch der Körper allzu kurz oder der Luftspalt zu groß ist, so wird wegen des starken entmagnetisierenden Feldes H' die Magnetisierung selbst erschwert und $\mathfrak{J}_t$ bleibt wiederum klein. — Eine Arbeit von Arkadiew ist der Auswahl des optimalen Wertes des Entmagnetisierungsfaktors $\mathfrak{n}$ gewidmet, d. h. der Auswahl der vorteilhaftesten Form, für welche $\mathfrak{J}_t$ bei einer gegebenen Stärke des äußeren magnetischen Feldes H den maximalen Wert erreicht. Es wurde gezeigt, daß die Einführung eines Schlitzes nur dann vorteilhaft ist, wenn

$$\mathfrak{J}_r \frac{\mathrm{d}\mathfrak{J}_r}{\mathrm{d}h_r} > \mathfrak{J}_r \frac{\mathrm{d}\mathfrak{J}}{\mathrm{d}h} \qquad (1)$$

ist. Hier bedeutet $\mathfrak{J}$ die Magnetisierung unter dem Einfluß des inneren Feldes h, $\mathfrak{J}_r$ die remanente Magnetisierung, d. h. die Magnetisierung, wenn das Feld h bis zu Null herabgesetzt ist; dieses Feld ist durch h_r bezeichnet. Die temporäre Magnetisierung kann in der Form

$$\mathfrak{J}_t = \chi \mathfrak{J}$$

dargestellt sein, wobei bei großen H'

$$\chi = \frac{H' - h_c}{H'}$$

ist; $H' = H - h$ ist das entmagnetisierende Feld und h_c bedeutet die koerzitive Feldstärke.

Bei $H' = 0$ ist $\chi = \mathfrak{J}_t/\mathfrak{J}$ für das zu untersuchende Material. Die Maximumsbedingung von $\mathfrak{J}_t$ kann als die Maximumsbedingung der Differenz $\lg \mathfrak{J} - \lg \frac{1}{\chi}$ gefunden sein. Die letztere findet man graphisch als die Abszisse der Berührungspunkte der konkaven Kurve $\lg \mathfrak{J}$ und der konvexen Kurve $\lg \frac{1}{\chi}$ bei der vertikalen Verschiebung auf der Zeichnung der Kurve $\lg \mathfrak{J}$ des Kalkpapieres, auf welchem die Funktion $\lg \frac{1}{\chi}$ eingetragen ist.

Die Frage kann auch durch die Gleichung

$$\frac{\mathrm{d}(\chi \mathfrak{J})}{\mathrm{d}H'} = 0$$

gelöst werden, was zur Gleichheit der Funktionen j und X führt, wobei

$$j = \frac{1}{\mathfrak{J}} \frac{\mathrm{d}\mathfrak{J}}{\mathrm{d}h} \quad \text{und} \quad X = \frac{1}{\chi} \frac{\mathrm{d}\chi}{\mathrm{d}H'}$$

bedeuten. Die Kurven j und $\mathfrak{J}$ werden für die gegebene Eisensorte als Funktionen von h gezeichnet. Auf dem Kalkpapier wird die Kurve X in der Richtung von H', d. h. in der Richtung der negativen h aufgestellt. Wenn man, wie im ersten Falle, das Kalkpapier auf die Zeichnung auflegt, findet man die Ordinate des Schnittpunktes der Kurven j und X; sie gibt die Werte von h, H' und $\mathfrak{J}$ an, woraus das optimale $\mathfrak{n} = H'/\mathfrak{J}$ wird. Die Kurven schneiden sich nicht, falls X_0, d. h. X bei $H' = 0$, kleiner als j ist: $X_0 < j$. Das ist ein Bereich, wo es kein Maximum gibt, und wo das entmagnetisierende Feld unvorteilhaft ist. Dies ist eine graphische Interpretation der Bedingung (1).

Die Anwendung der hier dargelegten Regeln zeigt, daß bei den Feldern h, die größer als das dem Maximum

der Permeabilität μ entsprechende sind, das Maximum der Entmagnetisierung dann vorhanden ist, wenn die angenäherten Beziehungen

$$h = H' \quad \text{und} \quad \mu = \frac{4\pi}{n} = m$$

stattfinden. Diese Bedingungen des Maximums des temporären Magnetismus waren von Arkadiew als erste Annäherung im Jahre 1914 ausgesprochen worden[1]; sie wurden von V. Volkov experimentell bestätigt[2]. Hier sind jetzt Regeln von allgemeinerer Bedeutung erhalten; V. Volkov hat sie an eisernen und gußeisernen geschlitzten Toroiden geprüft[3]. (W. Arkadiew, Arch. El. Bd. 25, H. 1, S. 28.)

Chemie.

Endlose Rohre durch elektrolytische Abscheidung. — J. Billiter verwendet als Kathode, auf welcher das Metall sich abscheidet, eine schwach verjüngte Walze aus einer Legierung von Eisen mit Chrom oder Nickel; die Anode umgibt diesen Kern. Zu Beginn wird auf den Kern ein kurzes Rohrstück, etwa aus Kupfer, geschoben. Indem der Strom Kupfer auf dem Kern abscheidet, wird jenes Rohrstück verlängert. Sobald der Niederschlag dick genug ist, zieht man das Rohrstück etwas weiter (1 bis 4 cm), was keine Schwierigkeit macht, weil der Niederschlag auf der Legierung nicht haftet. Auf dem freigelegten Kern bildet sich ein neues Rohrstück, und so gewinnt man allmählich ein beliebig langes nahtloses Rohr, das innen glatt ist. Nach diesem Verfahren lassen sich auch Zinkrohre von beliebiger Länge gewinnen. Kupferrohre mit Bleiauskleidung stellt Billiter her, indem er ein Bleirohr als Kathode langsam durch das Bad zieht. Mit 300 A/m² wird der Kupfermantel in 1 h 0,067 mm dick. Billiter gibt an, daß sein Kupferrohr die Brinellhärte 65, eine Zugfestigkeit von rd. 30 kg/mm², eine Dehnung von 40 % und die Elastizitätsgrenze 18 kg/mm² besitzt. (J. Billiter, Advance Copy, Am. Electrochem. Soc., Preprint 57—17.) *K. A.*

Schutzwirkung elektrolytischer Überzüge. — Davies und Wright haben Kadmium, Zink, Nickel und Chrom auf Eisen, Messing, Phosphorbronze und Kupfer niedergeschlagen, u. zw. in 4 Dicken: 2,5, 12,5, 25 und $50 \cdot 10^{-3}$ mm. Diese Blechproben wurden nun feinen Nebeln von Kochsalzlösung oder schwacher Schwefelsäure täglich 9½ h (44 h Pause am Wochenende) 14 Tage lang ausgesetzt (im ganzen 103 h) und dann auf Rost untersucht. Messing, Bronze und Kupfer zeigten sich durch Verchromen und durch Vernickeln gut geschützt; am besten durch 0,05 mm starke Vernickelung; Kadmium und Zink gewährten hier geringen Schutz. Eisen wurde durch Zink bei gleicher Dicke besser geschützt als durch Kadmium, gar nicht durch Chrom; auch hier bewährte sich am besten die 0,05 mm dicke Vernickelung. Die Verfasser warnen aber davor, aus ihren Versuchen allzu weit gehende Schlüsse zu ziehen. (L. Davies u. L. Wright, Engg. Bd. 129, S. 389.) *K. A.*

Verschiedenes.

Zum Preisausschreiben für ein schweißtechnisches Prüfgerät. — Der Magistrat der Stadt Berlin hat im Jahre 1929 einen Preis von 5000 RM aus der Zeitler-Stiftung ausgeschrieben für ein zerstörungsfreies, werkstattgerechtes Prüfverfahren für Schweißnähte[4]. Termingerecht gingen 39 Bewerbungen ein. Aus ihnen ist die große Bedeutung dieser Aufgabe und das lebhafte Streben zu erkennen, auf irgendeinem Wege ein zerstörungsfreies Prüfverfahren für die Praxis zu entwickeln. In den Vorschlägen sind magnet-elektrische, rein elektrische, akustische, röntgenographische, mechanische und Wärmeleitungs-Meßverfahren enthalten. — Die Prüfung der Bewerbungen wird voraussichtlich Ende d. J. oder Anfang nächsten Jahres beendet sein. *of*

Neue Auslandsnormen. — Amerika — (American Standards Association (ASA), 29 West 39th Street New York): „Dimensions for southern pine poles" — „Dimensions for chestnut poles" — „Dimensions for western red cedar poles" — „Dimensions for northern white cedar poles". —

[1] W. Arkadiew, J. Russ. Phys.-Ch. Ges. Bd. 46, S. 22 (1914).
[2] V. Volkov, Abh. d. Elektrot. Prüf.-Inst. Moskau 1925, Nr. 6.
[3] V. Volkov, Z. exper. u. theor. Elektrot., Moskau, Nr. 8, S. 315 (1928).
[4] Vgl. ETZ 1930, S. 480, 519.

England — (British Engineering Standards Association (BESA), 28 Victoria Street, Westminster, London SW. 1): „Tubular traction poles" — No. 88—1931 „Electric Cut-outs, Type 0" — No. 223 — 1931 „Electrical Performance of High-Voltage Bushing-Insulators". —

Österreich — (Elektrotechnischer Verein, Wien VI, Theobaldgasse 12): EVW 31/1931 „Elektrotechnische Vorschriften für medizinische Röntgenanlagen" — Önorm E 4000 Blanke Drähte für Starkstromfreileitungen — Önorm E 4001 Blanke Leitungsdrähte und Leitungseile mit Kerndraht für Starkstromfreileitungen — Önorm E 4002 Leitungseile ohne Kerndraht für Starkstromfreileitungen — Önorm E 1300 Blitzpfeile. —

Rußland — OCT 2391 Isolierstützen gebogen für Fernmeldeanlagen — OCT 2426 Stahldrähte für Fernmelde-Freileitungen — OCT 2449 Elektrische Tischlampen — OCT 2450 Glas für elektrische Armaturen — OCT 2364 Biegsame Arbeitswellen.

Neuausgabe von DIN 140, Oberflächen. — Die in den bisherigen Normen DIN 140 und 200 „Oberflächenzeichen" und „Bearbeitungs- und Behandlungsangaben" enthaltenen Angaben stellen sich bei Beachtung der verschiedenen Bearbeitungsmöglichkeiten als unzureichend heraus, und es erschien notwendig, die Grundlagen und die Zusammenhänge zwischen Oberflächenaussehen (-güte), -genauigkeit und Bearbeitungsverfahren klarzustellen. Daher wurden die Normblätter überarbeitet und zusammengelegt; sie erscheinen als DIN 140 Bl. 1 ... 6 im Beuth-Verlag, Berlin S 14.

Neue Normblätter des DNA. — Büro- und Zeichengerät: DIN Vornorm 821 Schriftgutbehälter, Ordner, Hefter, Mappen (Juli 31).

Maschinenbau, allgemein: DIN Vornorm 589 Rohe Schrauben und Muttern, technische Lieferbedingungen (Juli 31) — 649 Unbearbeitete T-Nuten für Hammerschrauben nach DIN 186, 188 und 261 (Sept. 31) — 1478 Spannschlösser, lange Form aus Rohr (Juli 31).

Materialprüfungen der Technik: DIN DVM 1201 Drahtseile, Richtlinien für Prüfverfahren (Sept. 31) — DVM 1211 Prüfung von Drähten, Hin- und Herbiegeversuch (Sept. 31).

Straßenbahnwesen: DIN VDV 201 Gleitachslager bei oberer Tragfeder, Zusammenstellung (Sept. 31) — VDV 202 Gleitachslager bei oberer Tragfeder, Gehäuse für Achsschenkeldurchmesser 75 und 80 mm (Sept. 31) — VDV 203 Gleitachslager bei oberer Tragfeder, Gehäuse für Achsschenkeldurchmesser 85, 90 und 95 mm (Sept. 31) — VDV 204 Gleitachslager bei unterer Tragfeder, Zusammenstellung (Sept. 31) — VDV 205 Gleitachslager bei unterer Tragfeder, Gehäuse für Achsschenkeldurchmesser 75 und 80 mm (Sept. 31) — VDV 206 Gleitachslager bei unterer Tragfeder, Gehäuse für Achsschenkeldurchmesser 85, 90 und 95 mm (Sept. 31) — VDV 207 Gleitachslager, Deckel (Sept. 31) — VDV 208 Gleitachslager, Zwischenstücke (Sept. 31) — VDV 209 Gleitachslager, Lagerschalen mit Ausguß (Sept. 31) — VDV 210 Gleitachslager, Verschlußblech, Dichtung, Spritzringe (Sept. 31) — VDV 211 Gleitachslager, Auflagestück für Schienenbremse (Sept. 31).

Energiewirtschaft.

Aus der deutschen Elektrizitätswirtschaft[1]. — Die Wirtschaftskrise hat sich 1930/31 weiter nachteilig auf Stromabsatz und Materialverkauf der Überlandwerk Glauchau AG., Glauchau, ausgewirkt. Allein durch vollständige Stillegung des größten Abnehmers sowie einer Anzahl anderer Betriebe ist gegen das Vorjahr ein Ausfall von mehr als 7,8 Mill kWh entstanden. Erzeugt und bezogen wurden 10,799 Mill kWh, d. s. 41,24 % weniger als im Vorjahr. Die nutzbare Abgabe blieb bei 9,038 Mill kWh um nahezu 45 % hinter der von 1929/30 zurück. Infolge günstigerer Wasserverhältnisse der Mulde konnten aus den Wasserkräften 4,834 Mill kWh gewonnen werden (2,390 i. V.). Der Gesamtanschlußwert ist von 19 917 auf 18 337 kW gesunken. Betriebseinnahmen einschl. Gewinn aus Warenverkauf: 1 578 794 RM (1 805 535 i. V.), Reingewinn: 170 923 RM (170 346 i. V.), Dividende: wieder 8 % auf 2 Mill RM AK.

Die Überlandzentrale Mansfelder Seekreis AG., Amsdorf, hat 1930/31 rd. 6,71 Mill kWh geliefert (6,83 i. V.) und zwecks Erhöhung des Absatzes im Haushalt, namentlich für Kochzwecke, einen besonderen Tarif eingeführt. Einnahmen: 945 703 RM (1 304 036 i. V.), Reingewinn: 47 111 RM (1106 i. V.), Dividende: 2,5 % auf 1,74 Mill RM AK. (0 i. V.).

[1] Vgl. ETZ 1931, S. 1367.

Auch durch die sich immer mehr ausbreitende Anwendung der elektrischen Arbeit für Wärmezwecke im Haushalt konnte das Kraftwerk Thüringen AG., Gispersleben, 1930/31 den sinkenden Stromabsatz nicht auf der vorjährigen Höhe halten. Die nutzbare Lieferung ist mit rd. 19 Mill kWh um 7 % hinter der des Vorjahres (rd. 20,5 Mill kWh) zurückgeblieben. Stromerzeugung und Bezug betrugen 22,6 Mill kWh (24 i. V.). Der Anschlußwert war am Schluß der Berichtszeit, hauptsächlich infolge der sich immer mehr einführenden Koch- und Heizgeräte, von 63 000 auf rd. 66 000 kW gestiegen. Für Wärmezwecke und das elektrische Dreschen hat die Gesellschaft inzwischen erhebliche Tarifvergünstigungen eingeführt. Mit der weitaus überwiegenden Mehrzahl der Gemeinden eines größeren Landkreises des Versorgungsgebiets wurde ein langfristiger, einheitlicher Konzessionsvertrag geschlossen. Einnahmen aus Betrieb, Installation und Zinsen: 4 641 683 RM (4 075 654 i. V.), Reingewinn: 775 133 RM (786 655 i. V.), Dividende: 9,5 % auf 6,96 Mill RM AK. (10 % i. V.).

Im Geschäftsjahr 1930/31 ist beim Kraftwerk Rheinau AG., Mannheim, der Stromabsatz von Monat zu Monat weiter hinter den Ergebnissen des Vorjahres zurückgeblieben. Die endgültige Stillegung des bedeutendsten Abnehmerwerks verursachte allein einen Ausfall von rd. 7 Mill kWh bzw. 14,5 % der Vorjahrsabgabe. Während der Verbrauch des Kleingewerbes und der Landwirtschaft um 11 % gesunken ist, hat der der Haushaltungen um 9 % zugenommen. Im ganzen ist die Stromlieferung von 48,938 auf 36,390 Mill kWh, d. h. um 25,6 % gefallen. Bezogen hat das Unternehmen 39,082 Mill kWh oder 25 % weniger als im Vorjahr (52,108 Mill kWh); die Übertragungsverluste betrugen 6,88 % (6,08 i. V.), die Höchstlastspitze 9400 kW (10 866 i. V.) und deren Jahresbenutzungsdauer 4158 h (4795 i. V.). 34 Städte und Gemeinden haben sich in der Licht- und Kraftversorgung Wiesloch e. G. m. b. H. als Großabnehmer und Wiederverkäufer des Stroms zusammengeschlossen Betriebsüberschuß: 664 717 RM (769 976 i. V.), Reingewinn: 425 052 RM (505 436 i. V.), Dividende: 6 % auf 4 Mill RM AK. (8 % i. V.).

Nach dem Bericht der Thüringischen Elektrizitäts- und Gas-Werke AG., Apolda, für 1930/31 ist beim Elektrizitätswerk Apolda der Anschlußwert zwar um rd. 200 kW gestiegen, die nutzbare Lieferung mit 4,2 Mill kWh aber um etwa 10 % hinter der des Vorjahres zurückgeblieben. Die Elektrizitätsversorgung Geraberg zeigt trotz der Steigerung des Anschlußwerts um 5,5 % eine Minderung der Abgabe von 7,5 %; letztere betrug bei der Elektrizitätsversorgung Langewiesen 3,3%.

Das städtische Elektrizitätswerk Köthen ist nach dem Anhalt. Anz. in eine Aktiengesellschaft mit 0,32 Mill RM Grundkapital umgewandelt worden.

Das Kraftwerk an der Untermainschleuse Griesheim ist im Bau nahezu fertig. Die Arbeiten an der Staustufe Eddersheim gehen, soweit sie die Schleuse betreffen, nach der Frankf. Zg. weiter, doch ist bezüglich des dort geplanten Kraftwerks eine letzte Entscheidung noch nicht getroffen. Man will sich erst im Frühjahr 1932 darüber schlüssig werden, ob angesichts der Wirtschaftslage dieses Kraftwerk überhaupt errichtet werden soll.

Infolge eines zwischen den Elektrowerken AG. und der Stadt Glogau auf 30 Jahre abgeschlossenen Pachtvertrags sind das Elektrizitäts- und Gaswerk letzterer am 1. X. in die Verwaltung der Elektrowerke übergegangen.

Wie die Frankf. Zg. berichtet, ist das städtische Elektrizitätswerk Oberndorf a. N. von 1932 an auf 24 Jahre für 0,3 Mill RM an den Bezirksverband Oberschwäbische Elektrizitätswerke, Biberach, verpachtet worden.

Das Rheinisch-Westfälische Elektrizitätswerk legt nach einer Mitteilung der Elgawe das 1911 errichtete Kraftwerk Niederrhein bei Wesel still.

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33 II, Fernspr.: C 4 Wilhelm 8885 u. 8886 zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Einladung

zur ordentlichen Sitzung am Dienstag, dem 24. November 1931, 7½ Uhr abends, im großen Hörsaal des Reichspost-Zentralamts in Berlin-Tempelhof, Schöneberger Str. 11/15[1].

Tagesordnung:

1. Geschäftliche Mitteilungen.
2. Experimentalvortrag des Herrn Postrats Dr. Banneitz über das Thema: „Ergebnisse der Fernsehversuche".

Inhaltsangabe:

Grundsätzliches über das Fernsehen — Bildpunktzahl — Bilderzahl — Frequenzband — Erfahrungen mit den Zerlegerorganen — Verbesserungen an Photozellen und steuerbaren Lichtquellen — Verstärker für Fernsehzwecke — Fernsehen auf Rundfunkwellen, Kurzwellen, Ultrakurzwellen — Synchronisierung — Projektion — Braunsche Röhre als Fernsehempfänger — Helligkeitssteuerung — Liniensteuerung — Ziele der weiteren Entwicklung.

Anmerkung: Zur besseren Beobachtung der Versuche wird empfohlen, Ferngläser mitzubringen.

Da der Saal nur höchstens 250 Personen faßt, werden besondere Karten zum Besuch der Sitzung ausgegeben, die in der Geschäftsstelle des Elektrotechnischen Vereins, Berlin-Charlottenburg, Bismarckstr. 33 II, erhältlich sind.

Der Vortragende hat sich liebenswürdigerweise bereit erklärt, im Bedarfsfalle den Vortrag zu wiederholen.

Elektrotechnischer Verein.
Der Vorsitzende:
Dr. Feyerabend.

[1] Wegen der Verwendung ortsfester Einrichtungen zu den Experimenten muß dieser Saal benutzt werden.
Verkehrsverbindungen:
a) Elektrische Vorortbahn Berlin-Lichterfelde-Ost bis Station Papestraße, von da zu Fuß 10...12 Minuten;
b) Straßenbahnlinien Nr. 6, 35, 66, 96, 99, 199;
c) Untergrundbahn bis Bahnhof Tempelhof, Ausgang Ringbahnstraße, von da zu Fuß 8...10 Minuten.

Ordentliche Sitzung

am 27. Oktober 1931 in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg.

Vorsitz:
Herr Staatssekretär Dr.-Ing. e. h. Feyerabend.

Vorsitzender: Ich eröffne die heutige ordentliche Sitzung und heiße Sie willkommen. Bevor wir in die Tagesordnung eintreten, habe ich abermals eine traurige Pflicht zu erfüllen: Wieder ist ein Meister im Bereich der Technik, der auch unserem Verein, und zwar als Ehrenmitglied angehört hat, von uns geschieden. Am 17. d. M. ist Thomas Alva Edison im 85. Lebensjahr gestorben. Selten hat ein Ingenieur in der ganzen Welt größere Volkstümlichkeit genossen als der „Erfinder" Edison. In dieser Tatsache spiegelt sich die ungeheure Wirksamkeit wider, die dieser seltene Mann in sich zu verkörpern verstanden hat. Es ist hier nicht der Ort, seine mannigfachen Leistungen im einzelnen zu würdigen; sie sind aller Welt bekannt und auch in einer umfangreichen Literatur niedergelegt. Ich will nur seine bedeutendsten technischen Leistungen auf dem Gebiete der Elektrotechnik kurz nennen. Edison begann seine erfinderische Tätigkeit im Bereiche der Telegraphie, wo er u. a. ein Vierfachtelegraphensystem ersann. Dann verbesserte er schon 1876 die von Bell geschaffene Telephonie durch Einführung eines Mikrophons und der Induktionsspule. Gleichzeitig erfand er den Phonographen, dem sich später die Entwicklung des Kinematographen und eines passenden Projektionsapparats anreihte. 1879 entwickelte er die von Heinrich Göbel angegebene Kohlenfadenglühlampe zu einem Gebrauchsapparat. Er konstruierte die erste mit einer Dampfmaschine gekuppelte Dynamomaschine und errichtete 1882 das erste Elektrizitätswerk in New York. Damit wurde Edison der Begründer der modernen elektrischen Beleuchtung. Ferner erfand er den alkalischen Eisen-Nickel-Akkumulator. Auf der Höhe seines Ruhms besuchte Edison 1889 auch Berlin. 1890 ernannte der Elektrotechnische Verein ihn zu seinem Ehrenmitglied. Als solches hat er unserem Verein über 40 Jahre Sympathien entgegengebracht und uns noch zur Feier unseres goldenen Jubiläums im Vorjahr seine Glückwünsche übermittelt. Wir dürfen stolz darauf sein, ihn zu den Unsrigen gezählt zu haben. Im Namen des Elektrotechnischen Vereins habe ich den Hinterbliebenen telegraphisch unser Beileid ausgesprochen. Zur Ehrung des Entschlafenen bitte ich Sie, sich von Ihren Plätzen zu erheben. (Geschieht.) —

Wir treten nun in die Tagesordnung ein. Seit der letzten ordentlichen Sitzung sind 9 Neuanmeldungen eingegangen; eine Liste liegt hier aus. In der nächsten ordentlichen Sitzung am 24. November wird Herr Postrat Dr. Banneitz einen Vortrag über das „Fernsehen“ halten, und zwar wegen der Benutzung ortsfester Einrichtungen im großen Hörsaal des Reichspost-Zentralamts in Tempelhof, Schöneberger Str. 11—15.

Am 17. November findet eine außerordentliche Sitzung statt, in der Herr Dr. Vogel von der Firma Felten & Guilleaume vortragen wird über das Thema: „Das Druckkabel, ein Fortschritt im Bau von Hochspannungskabel-Anlagen“. In der Fachgruppe für den Bau und Betrieb von Elektrizitätswerken wird am 3. November Herr Dipl.-Ing. Sardemann sprechen über das Thema: „Betriebseigenschaften der synchronen und asynchronen Blindleistungsmaschinen“.

Ferner möchte ich nochmals darauf hinweisen, daß der Elektrotechnische Verein vom 2. November ab in Gemeinschaft mit dem Außeninstitut der Technischen Hochschule eine Vortragsreihe über: „Die technischen Grundlagen des Tonfilms“ veranstaltet; Einladungen hierzu sind bereits ergangen. Durch diese Vortragsreihe wird den Wünschen, das Verständnis für dieses neuzeitliche interessante Gebiet der Technik zu fördern, Rechnung getragen.

Weiter mache ich darauf aufmerksam, daß unser Mitglied, Herr Professor Dr. Emde soeben ein wertvolles Werk: „Vierstellige Tafeln der Kreis- und Hyperbelfunktionen sowie ihrer Umkehrfunktionen im Komplexen“ herausgegeben hat. Um unseren Mitgliedern die Anschaffung des Werkes zu verbilligen, hat der Elektrotechnische Verein die Herstellung selbst besorgt. Das Werk umfaßt 93 Seiten und eine große Anzahl von Figuren und Berechnungen; die Erläuterungen sind in deutscher, englischer und französischer Sprache abgefaßt. Einladungen zum Bezuge des wertvollen Buches werden in den nächsten Tagen an die einzelnen Mitglieder ergehen.

Theaterfreunde mache ich darauf aufmerksam, daß die „Deutsche Buchgemeinschaft“ den Mitgliedern des Elektrotechnischen Vereins große Preisermäßigungen für alle Theater in Berlin vermittelt; nähere Auskunft erteilt die Geschäftstelle des Vereins.

Wir kommen nun zum 2. Punkt der Tagesordnung, zum Vortrag des Herrn Obering. Kroell über das Thema: „Bau und Aufstellung großer Drehstromgeneratoren in Wasserkraftanlagen“. Ich bitte Herrn Kroell, das Wort zu nehmen.

(Der Vortrag folgt)

Vorsitzender: Meine Herren, wir haben ausgezeichnete Mitteilungen aus der Praxis über den Bau von Großgeneratoren für Wasserkraftwerke gehört, die unsere ganze Aufmerksamkeit in Anspruch genommen haben, und wir haben nicht minder interessante Bilder über die Anwendung dieser Großkraftmaschinen in neuzeitlichen Wasserkraftwerken gesehen. Herr Obering. Kroell hat uns einen Überblick gegeben über die wirtschaftlichen und technischen Überlegungen, die die Herstellung solcher Anlagen beherrschen, und hat uns gezeigt, wie es der Wissenschaft und der Technik gelungen ist, den Anforderungen gerecht zu werden. Ich glaube, meine Herren, wenn man solche Bilder auf sich wirken läßt, dann kann man den prophezeiten „Untergang des Abendlandes“ als reine Schimäre bezeichnen. (Beifall.)

Sie haben dem Herrn Vortragenden durch Ihren reichen Beifall Ihren Dank für seine interessanten Ausführungen bereits ausgesprochen. Ich kann meinerseits diesen Dank im Namen des Vereins nur bestätigen.

Ich eröffne nun die Diskussion und möchte voraus bemerken, daß nach den für den Verein geltenden Richtlinien Diskussionsbemerkungen nicht den Charakter eines neuen Vortrags annehmen dürfen. (Zustimmung.) Ich bitte also, die Ausführungen in angemessenen Grenzen zu halten.

(Diskussion folgt.)

Vorsitzender: Wird weiter das Wort gewünscht? — Das ist nicht der Fall. Dann darf ich auch den Herren Diskussionsrednern den Dank des Vereins für ihre interessanten Bemerkungen aussprechen. (Beifall.)

Ich schließe die Sitzung.

Neuanmeldungen zum Elektrotechnischen Verein e. V

Blau, Bernhard, Rechtsanwalt, Bln.-Charlottenburg.
Christiansen, Rich., Dipl.-Ing., Bln.-Siemensstadt.
v. Escher, Victor, Ingenieur, Baden (Aargau), Schweiz.
Hencke, Christian, Dipl.-Ing., Eberswalde.
Krone, Max, Dr.-Ing. e. h., Generaldirektor i. R., Bln.-Grunewald.
Jacottet, Paul, Dipl.-Ing., Bln.-Charlottenburg.
Monopol-Handelsgesellschaft m. b. H., Berlin.
Svenkerud, Finn, Dipl.-Ing., Bergen (Norw.).
Uranerz Verwertungsgesellschaft m. b. H., Berlin.

Elektrotechnischer Verein.
Der Generalsekretär:
Dr. Schmidt.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33
Fernspr.: C 4 Wilhelm 8864 – 68
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker

Berlin-Charlottenburg 4, Bimarckstraße 33.

Betr.: Unberechtigte Benutzung des VDE-Zeichens.

Die VDE-Prüfstelle hatte im Juni 1931 gegen die Geschäftsführer der Firma Berliner Elektro-Stecker-Fabrik G. m. b. H., Berlin, Strafantrag wegen wissentlichen Mißbrauches des VDE-Zeichens gestellt. Laut Mitteilung der zuständigen Staatsanwaltschaft ist nunmehr vom Amtsgericht Berlin-Mitte gegen jeden der beiden Geschäftsführer ein Strafbefehl über 100 RM erlassen worden.

Dieser Strafbefehl ist rechtskräftig.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.
Zimmermann.

SITZUNGSKALENDER.

Deutsche Elektrotechnische Gesellschaft zu Danzig. 19. XI. 1931, abds. 8 h, El. Inst. der T. H.: Vortrag Obering. Kröll, „Bau und Aufstellung gr. Generatoren in Wasserkraftanlagen“.

Oberschles. Elektrotechn. Verein, Hindenburg. 25. XI. 1931, nachm. 5 h, Büchereisaal der Donnersmarckhütte: Vortrag Dr. Lommel, „Neuzeitl. Automatisierung el. Anlagen“.

Arbeitsgemeinschaft deutscher Betriebsingeniure im VDI, Berlin (gemeinsam mit dem AWF). 26. XI. 1931, abds. 7¾ h, Aula der T. H.: Vortrag Dr.-Ing. O. Schlippe, „Neuzeitliche Feinbearbeitungsverfahren“. (3. Vortrag der Reihe über „Tagesfragen der Betriebstechnik“.) Eintrittspreis 1,50 RM. Karten am Saaleingang erhältlich. Teilnehmerkarten für die ganze Reihe (Preis 8 RM) sind zu beziehen durch die Geschäftstelle: Berlin NW 7, Ingenieurhaus.

Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt e. V., Berlin-Adlershof. 27. XI. 1931, mittags 12¼ h, Harnack-Haus, Berlin-Dahlem, Ihnestr. 16: Hauptversammlung mit Vortrag von Prof. Dr. H. Faßbender, „Die Aufgaben der Elektrotechnik in der Luftfahrt“. Einladungen sind durch die DVL, Berlin-Adlershof, erhältlich.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

C. Wölcke †. — Der Direktor der Sächsischen Baugesellschaft für elektrische Anlagen m. b. H., Leipzig, Carl Wölcke, Ehrenmitglied des Elektrotechnischen Vereins Leipzig und langjähriges Vorstandsmitglied des VDE, ist am 12. XI. nach langer Krankheit gestorben. Wir kommen auf die Verdienste des Verstorbenen demnächst zurück.

F. Auerbach. — Am 12. XI. konnte Prof. Dr. Felix Auerbach, Jena, seinen 75. Geburtstag feiern. Er ist in Breslau geboren, studierte Physik unter Helmholtz und Kirchhoff und übernahm 1889 den Lehrstuhl für theoretische Physik an der Universität Jena. Wir verdanken Prof. Auerbach u. a. Arbeiten auf den Gebieten des Magnetismus, der Hydrodynamik, Akustik und Mechanik, ferner über naturphilosophische Probleme. Daß er auch heute noch in ungeminderter Rüstigkeit tätig ist, zeigt die erst kürzlich abgeschlossene Herausgabe (gemeinsam mit W. Hort) des umfangreichen Handbuches der physikalischen und technischen Mechanik.

LITERATUR.

Besprechungen.

Grundzüge der theoretischen und angewandten Elektrochemie. Von Prof. Dr. G. Grube. 2., wesentl. erw. Aufl. Mit 165 Abb., XII u. 495 S. in gr. 8°. Verlag Theodor Steinkopff, Dresden u. Leipzig 1930. Preis geh. 28 RM, geb. 30 RM.

Der Schwerpunkt des Buches liegt in den wissenschaftlichen Darlegungen. Unter anderem ist die Übersicht über die Elektronentheorie und die heutigen Ansichten von der elektrolytischen Dissoziation (Kap. 2) recht willkommen. Ähnliches gilt von Kap. 4 „Elektrolytische und elektrokinetische Erscheinungen an Phasengrenzen" und Kap. 5 „Die Elektrodenpotentiale bei der Durchführung elektrolytischer Prozesse". Die Anwendungen der Elektrochemie (z. B. Kupferraffination, Chloralkali-Elektrolyse, Wasserzersetzung, Aluminiumgewinnung und Karbiderzeugung) sind kurz und gut gekennzeichnet; freilich könnte ich hier als Näherstehender einzelne Angaben berichtigen. Das achtunggebietende Literaturverzeichnis am Schluß umfaßt 825 Veröffentlichungen. Den Elektrotechnikern sei das Buch empfohlen. K. Arndt.

Rural Electrification. Safety devices in connection with lowtension distribution. Von A. u. V. Ekstroem. Mit 41 Fig. i. Text u. 103 S. in 8°. Zu bez. durch Crompton & Ekstroem, London W 8, 48, Kensington Court, 1930. Preis geb. 3,6 s.

In einer kurzen Einleitung, in der der Verfasser auf die noch sehr mangelhafte Versorgung der ländlichen Bezirke Englands mit Elektrizität hinweist, regt er deren Erschließung an und verweist auf die bei der Elektrisierung der ländlichen Bezirke auftretenden technischen und wirtschaftlichen Probleme, von denen er in seinem Buche ein in den letzten Jahren häufig besprochenes behandelt.

Der 1. Teil befaßt sich mit in elektrischen Versorgungsanlagen auftretenden Fehlern, indem nach Hinweis auf die Gefahren der Elektrizität und deren physiologische Wirkungen eine große Anzahl typischer Beispiele von Fehlern in Installationen und Verbrauchsgeräten sowie deren mögliche gefährliche Auswirkung behandelt werden. Sehr eingehend werden sodann die bei verschiedenen Anordnungsmöglichkeiten der Leiter oberirdischer Verteilungsanlagen möglicherweise auftretenden Fehler und deren Auswirkungen besprochen. Im 2. Teil behandelt der Verfasser die verschiedenen Schutzmaßnahmen: Isolierung, Erdung, Nullung und Schutzschaltung und deren zweckmäßigste Anwendung für die verschiedensten Fehlermöglichkeiten. Seine Ausführungen gipfeln darin, die Isolierung möglichst weitgehend zur Anwendung zu bringen; sofern das aber nicht möglich ist, gibt er der Schutzschaltung wegen ihrer Unabhängigkeit von schwankenden Werten des Erdungswiderstandes den Vorzug, zumal durch sie eine leichte Überwachungsmöglichkeit über das einwandfreie Arbeiten der Schutzeinrichtung möglich ist. An dieser Stelle ist der Hinweis angebracht, daß es sich um die in Deutschland vom RWE entwickelte Schutzschaltung handelt, die also auch in England zur Einführung gekommen ist.

Im Anhang sind sodann in Anlehnung an norwegische Verhältnisse einige Leitsätze zusammengestellt, in denen die Erfüllung der wichtigsten Gesichtspunkte bei der Installation elektrischer Anlagen verlangt wird. Sie beziehen sich im wesentlichen auf die Verwendung geprüften Materials, zweckmäßigste Anordnung von Leitungen und Apparaten, Befolgung von Vorschriften, so für feuchte Räume, Durchführung der Installationsarbeiten durch konzessionierte Installateure usw.

Der Verfasser hat sich in dem Büchlein sehr eingehend mit diesen aktuellen Fragen beschäftigt und hat es verstanden, seine klaren Ausführungen durch eine große Anzahl bildlicher und skizzenhafter Darstellungen weitgehendst zu unterstützen, so daß das Buch außer den mit dem Bau von Niederspannungsanlagen und Installationen betrauten Ingenieuren und Installateuren auch Monteuren, Studierenden und sonstigen interessierten Kreisen außerordentlich nützliche Dienste leisten und durchaus empfohlen werden kann. O. Vent.

AWF. Getriebe und Getriebemodelle. Teil 2. Zweite Getriebeschau des AWF und VDMA 1929. Mit zahlr. Abb. u. 143 S. in 8°. Beuth-Verlag G. m. b. H., Berlin, und Julius Springer, Berlin 1929. Preis geb. 4,50 RM.

Der zweite Teil dieses Werkes stellt eine wichtige Ergänzung zum ersten dar; die Art der Wiedergabe der Modelle und der Beschreibung ist die gleiche geblieben. Es werden diejenigen Getriebe behandelt, die auf der 1. Getriebeschau nicht gezeigt wurden. Besondere Beachtung verdienen die Getriebe, die im landwirtschaftlichen Maschinenbau Verwendung finden, für Bindemaschinen zum Bündeln und zum Pressen von Stroh, für Getreidemähen, für Heugabelwender usw. Getriebe für Kapselpumpen, Wassermesser, Flüssigkeitsgetriebe werden im Bild wiedergegeben. Die Anwendung mehrerer Kurbeltriebe zeigen Abbildungen aus der Nähmaschinen- und Spielwarenindustrie. Am Schlusse des Buches ist auf die entsprechenden AWF-Blätter hingewiesen. M. Bouché.

Aufgaben aus Technischer Mechanik (Statik, Festigkeitslehre, Dynamik). Von Prof. Dr. L. Föppl. Mit 315 Abb. i. Text, VIII u. 188 S. in gr. 8°. Verlag R. Oldenbourg, München u. Berlin 1930. Preis geb. 15 RM.

Statt eines gefürchteten endlosen Sammelbuches von Aufgaben ist ein bescheidenes Bändchen mit verhältnismäßig wenig Aufgaben festzustellen. Diese wenigen Aufgaben sind gut gewählt, vielfach neu und immer den praktischen Erfordernissen Rechnung tragend. Das Buch ist für die Unterstufe der Mechanik gedacht und soll eine Art Rückschau über den Prüfungsstoff der T. H. München liefern. Demgemäß beschränkt es sich auf die drei Abschnitte Statik, Festigkeitslehre und Dynamik, die jeder für sich in durchschnittlich 7 Paragraphen eingeteilt sind. Jeder Paragraph enthält als Einleitung eine kurze, nur das Wesentlichste wiederholende Übersicht des umfaßten Vorlesungsstoffes und bringt dann je nach praktischer Wichtigkeit 5...25 Aufgaben. So wird aus einer Aufgabensammlung ein kurzes, sehr zusagendes Lehrbuch, das auch für die praktisch tätigen Ingenieure anregend wirken kann. E. Weber.

Meyers Lexikon. 7. Aufl. i. vollst. neuer Bearb. Mit etwa 6700 Textabb. u. über 1400 Taf., Karten u. Textbeil. Bd. 12: Traunsee-Zz. Mit zahlr. Abb., Taf. u. 983 S. in gr. 8°. Verlag Bibliographisches Institut, Leipzig 1930. Preis geb. 30 RM.

Mit dem 12. Band liegt die 7. Auflage von Meyers Lexikon fertig vor. Der letzte Band ist ziemlich umfangreich. Man sieht daraus, daß es dem Herausgeber mehr auf Wert und gründliche Behandlung auch der letzten Artikel als auf äußere Gleichförmigkeit der Bände ankam. Stichworte, wie Trennschalter, Turbinen, Turbodynamo, Überspannung, Umformer, Unfallhilfe, Vektorrechnung, Ventilatoren, Währung, Wechselstrom, Weltverkehr, Weltkrieg, Werkstoffprüfung, Youngplan, deuten eine kleine Auslese aus dem reichen Inhalt an; auch für die Biographie von Volta, Warburg, Watt, Wilhelm Weber, Weißbach, Westinghouse, Wheatstone, Zeeman, Carl Zeiß, Zeuner wird sich der Techniker interessieren. Es befremdet allerdings, daß unter den großen Verbänden neben dem VDI der VDE nicht aufgeführt ist; ebenso vermißt man unter den Überlandzentralen das Märkische Elektrizitätswerk. Auch die elektrische Waschmaschine hätte erwähnt werden können. Das Umspannwerk dient nicht nur zur Umformung der Stromart, sondern manchmal auch zur Veränderung der Spannung. Unter den für die Wirkung der Wünschelrute angegebenen Erklärungen vermißt man eine neuerdings von Buth[1] gegebene Hypothese, die vom Vorhandensein eines elektrischen Feldes ausgeht.

Der Band enthält am Schluß noch ein Gesamtverzeichnis der Kartenbeilagen aller Bände sowie ein Verzeichnis der Mitarbeiter. Klare Abbildungen, farbenfrohe Tafeln und gut ausgeführte Karten sind wie bei den bisher erschienenen Bänden eine erwünschte Beigabe für den Leser, dem durch den neuen Meyer, 12 Jahre nach dem Weltkrieg und 7 Jahre nach der Inflation, zum erstenmal wieder ein vollständiges neuzeitliches großes Nachschlagewerk geboten ist. W. Kraska.

[1] Vgl. ETZ 1930, S. 1171.

Eingegangene Doktordissertationen.

Theodor Buck, Über den unvollkommenen Durchbruch unter Öl (Auszug). T. H. Darmstadt 1922.

T. Dietze, Die Beziehungen zwischen Leistung und Gewicht der Lokomotiven. T. H. Darmstadt 1930.

Karl August Lürenbaum, Über die mittelbare Messung mechanischer Schwingungen in der Technik. T. H. Darmstadt 1931.

Prof. Takashi Ohtsuki, Untersuchungen über den mit Erdschlußspulen kompensierten Erdschluß auf langen Leitungen. T. H. Darmstadt 1923.

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Aus der schwedischen Elektroindustrie[1]. — Die Fabriken der Allmänna Svenska Elektriska AB. waren 1930 gut beschäftigt. Am Ende des Jahres zeigten allerdings die vorliegenden Aufträge einen Rückgang, besonders die des Auslandes. Im neuen Geschäftsjahr haben die bedeutenden Bestellungen der schwedischen Staatsbahn anläßlich der Elektrisierung der Strecke Stockholm—Malmö bereits einen Ausgleich gebracht. Nach Ansicht der ASEA dürfte die Elektroindustrie von der schlechten Konjunktur nicht wesentlich betroffen werden, auch wenn die derzeitigen Verhältnisse vorläufig andauern. Die Preislage war infolge scharfer Konkurrenz nach wie vor unbefriedigend und etwa 5 bis 8 % niedriger als im Vorjahr; das ließ sich z. T. durch billigere Rohstoffe, besonders Kupfer, ausgleichen. Die Zahl der Beschäftigten betrug 7777 (7668 i. V.). Die Werkstätten (Gießereien) sowie Lagerräume hat man erweitert und mehr und mehr neuzeitliche Arbeitsverfahren, darunter Wandertische, eingeführt. In Schweden erwarb die ASEA fast das gesamte Aktienpaket der Luth & Roséns Elektriska AB., und sie übernahm ferner die AB. Liljeholmens Kabelfabrik, deren neu errichtetes Starkstromkabelwerk in Betrieb kam. Die AB. Electro-Invest, an der die ASEA zu 50 % beteiligt ist, erhöhte ihr AK. von 2 auf 6 Mill Kr; außerdem wurde eine Anleihe von 12 Mill Kr in Schweden aufgelegt. Diese Firma finanziert, errichtet und betreibt Elektrizitätswerke in Jugoslawien und Polen, bemüht sich auch um Konzessionen in Rumänien. Im Gegensatz zu den auf diesem Gebiet tätigen belgischen Gesellschaften kann sich die ASEA dabei auf die eigene Herstellung der gesamten elektrischen Ausrüstungen stützen. Die Ausfuhr hat etwas abgenommen; die russische Fabrik, welche etwa 1000 Arbeiter beschäftigt, wurde fertig. Eine neue Verkaufsgesellschaft gründete die Berichterstatterin in Österreich (Österreichische Asea Elektrizitätsgesellschaft m. b. H.). Der Bruttonutzen ist von 5,57 auf 6,05 Mill Kr, der Reingewinn von 4,95 auf 5,37 Mill Kr gestiegen. Hiervon wurden wieder 7 % Dividende auf 75 Mill Kr AK. ausgeschüttet. Von den Tochtergesellschaften hatte die Svenska Turbinfabriks AB. Ljungström ein sehr gutes Geschäftsjahr und konnte wie 1929 6 % Dividende verteilen. Die AB. Skandinaviska Elektricitetsverk, welche Konzessionen in Schweden und Dänemark ausübt, erhöhte ihre Dividende auf 6 %. Der Reingewinn aus der norwegischen Fabrik AS. Per Kure verringerte sich dagegen auf 0,202 Mill Kr (0,232 i. V.).

Der Aufsichtsrat der Telefonaktiebolaget L. M. Ericsson hat im Geschäftsbericht für 1930 festgestellt, daß die günstige Entwicklung der Gesellschaft durch die wirtschaftliche Depression nicht gebremst worden sei. Die Organisation der heutigen Telephonindustrie bedingt nach seinen Ausführungen eine Verkettung zweier getrennter Tätigkeitsbereiche, u. zw. einerseits der Fabrikationsgesellschaften, die sich mit der Herstellung und dem Vertrieb des Fernsprechmaterials befassen, und anderseits der Betriebsunternehmungen, welche die Allgemeinheit mit Fernsprechanschlüssen direkt bedienen. Letztere sind Kunden der ersteren und schaffen den Telephonfabriken die Beschäftigung. Falls die Fernsprechindustrie überhaupt von Änderungen in der wirtschaftlichen Lage beeinflußt wird, muß diese Einwirkung über die Betriebsanlagen kommen, weil diese wegen ihrer direkten Verbindung mit dem Publikum in erster Linie die Folgen einer geänderten Kaufkraft empfinden werden. Die Erfahrung lehrt, daß die Einnahmen des Fernsprechweitverkehrs bei einer schlechten Konjunktur allerdings zurückgehen, der Lokalverkehr aber ziemlich unberührt bleibt. Weil die Bauten den Bedarf einer gewissen Zeitperiode decken sollen und früher oder später notwendig werden, ist ein Zurückstellen einer vorübergehenden Konjunktur wegen nicht am Platz. Die Telephonanlagen werden hauptsächlich für künftige Zwecke gebaut. Der Ausbau während einer ungünstigen Konjunktur wird durch den Preisabbau und die niedrigen Zinsen begünstigt, und somit gehen den Telephonfabriken große Aufträge zu. Im L. M. Ericsson-Konzern, wo Fabrikations- und Betriebsunternehmen gemeinsam ihre Programme für mehrere Jahre entwickeln können, läßt sich auch der richtige Zeitpunkt der Ausführung wählen. Nur verlangt eine solche Entwicklung die Bereitstellung großer Geldmittel. Dieser Gedankengang wird durch den Geschäftsabschluß von 1930 bestätigt. Die Zahl der Teilnehmer an den angegliederten Konzessionsunternehmen erhöhte sich um 15 %, der Ausbau erfolgte planmäßig, der Umsatz und die vorliegenden Aufträge der Fabrikationsgesellschaften sind gestiegen. Die italienische Finanzierungsgesellschaft erhöhte ihr Aktienkapital von 5 auf 85 Mill Lire und übernahm sämtliche Aktien der zusammenwirkenden italienischen Unternehmen. Im Anschluß an eine von der AB. Kreuger & Toll an Polen gegebene Anleihe wurde mit dem polnischen Postministerium ein Abkommen über Lieferungen für das polnische Konzessionsunternehmen getroffen. In Argentinien hat die Berichterstatterin eine Finanzierungsgesellschaft zur Wahrung ihrer Interessen gegründet und auch in der französischen Fabrikationsgesellschaft den Einfluß des Stammhauses verstärkt. In England wurden Patente auf vollautomatische Totalisatoranlagen verwertet. Die norwegische Fabrikationsgesellschaft hat man rekonstruiert und deren Beteiligung an der AS. Axel Schou in Kopenhagen übernommen. Der Bruttonutzen der Telefonaktiebolaget erhöhte sich auf 9,35 Mill Kr (8,6 i. V.), der Reingewinn betrug 7,2 Mill Kr und gestattete die Verteilung von wieder 8 % Dividende auf 101 Mill Kr AK.

Nach dem letzten Geschäftsbericht ist die Tätigkeit der AB. Elektrolux 1930 kaum von der Depression berührt worden. Hauptgegenstände des Vertriebs sind wie bisher Staubsauger und Kühlschränke, welch letztere in den V. S. Amerika durch die amerikanische Gesellschaft Servel verkauft werden. Angaben über Fabrikation und Umsatz fehlen. Bei einem um 0,1 Mill Kr höheren Bruttonutzen betrug der Reingewinn 8,0 Mill Kr (8,5 i. V.), woraus die Gesellschaft wie im Vorjahr 9 % Dividende auf 60 Mill Kr AK. zahlen konnte. *Hldn*

Maschinenfabrik Oerlikon[1]. — Während die Werkstätten im ganzen Geschäftsjahr 1930/31 lebhaft beschäftigt waren, haben die Bestellungen für den Export schon anfangs 1931 nachgelassen. Der Absatz in der Schweiz ist dank den Aufträgen der Bundesbahnen erst im letzten Quartal deutlich fühlbar gesunken. Die Krise wirkte sich am stärksten im Bedarf der industriellen Kundschaft und sodann bei den Elektrizitätswerken aus, deren Stromlieferung trotz lebhafter Propaganda für Elektrowärme usw. eine erhebliche Verminderung erfuhr. Am wenigsten hat die Fabrikation von Spezialartikeln gelitten. Zu den in früheren Berichten genannten Gründen der Krise ist als neue Belastung hinzugekommen, „daß der Unternehmer die sozialen Leistungen, Steuern und Löhne nicht mehr auf den Käufer abwälzen kann, sondern daß sie ganz zu seinen Lasten fallen. Die maßlose Ausdehnung der Produktion, die Industrialisierung neuer Länder, der Abschluß wichtiger Absatzgebiete durch Zollmauern, die immer schärfer werdende Konkurrenz, die oft übertriebenen Anforderungen der Käufer sorgen dafür, daß der Nutzen der Fabrikation kein Äquivalent bildet für die zu übernehmenden Risiken. Dadurch wird die Unternehmungslust gelähmt, und die Folge ist größte Zurückhaltung in Vervollkommnung und Neuanschaffung, ja sogar die Schließung vieler Unternehmungen und selbst deren Absterben. Wir wollen uns nicht darüber aussprechen, wie lange die Krise dauern wird, aber wir glauben, daß vorerst die Einstellung aller auf eine weniger große Produktion notwendig ist und daß diese auch notwendigerweise kommen wird."

Die Direktion erwähnt in ihrem Bericht zahlreiche sehr beachtliche Aufträge bzw. Ausführungen sowohl auf dem Gebiet der Turbogeneratorenanlagen, wo es u. a. der Gesellschaft durch Lieferungen nach Kanada gelang, mit ihren Turbomaschinen in einen bisher von ihr nicht versorgten Landesteil einzudringen, als auch im Bau großer Stromerzeuger. Hier wird u. a. als Zeugin für die Leistungsfähigkeit die von der Beauharnois Power Corp. erteilte Bestellung eines vertikalen, insgesamt 620 t schweren Drehstromgenerators von 48 000 kVA bei 75 U/min für Wasserturbinenantrieb genannt. An Triebfahrzeugen erhielt die Berichterstatterin von den SBB. 20 Lokomotivausrüstungen in Auftrag, die alle mit ihrer elektropneumatischen Hüpfersteuerung versehen und für Nutzbremsung nach dem System Oerlikon eingerichtet sind. Für die ganze elektrische Ausrüstung dieselelektrischer Fahrzeuge, d. h. für Generatoren, Zugmotoren, Hilfsmaschinen und Apparate, hat die Gesellschaft die geeigneten Typen für Fahrzeugleistungen bis 1500 PS entwickelt und größtenteils auch bereits ausgeführt. Betriebsergebnisse: 5 181 142 Fr (5 335 229 i. V.), verschiedene Einnahmen: 198 336 Fr (202 875 i. V.), Reingewinn: 1 826 977 Fr (1 963 218 i. V.), Dividende: 6 % auf 20 Mill Fr AK. (8 % i. V.).

[1] Vgl. ETZ 1930, S. 1284.

[1] Vgl. ETZ 1930, S. 1636.

Abschluß des Heftes: 14. November 1931.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 16 250 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

ETZ

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

INHALT

48. HEFT · 52. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

(1457—1480) 26. November 1931

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

52. Jahrgang | Berlin, 26. November 1931 | Heft 48

Die heutigen Probleme der Hochspannungs-Kraftübertragung*.

Von **A. Matthias**, Berlin.

Übersicht. Anläßlich der 40jährigen Wiederkehr der Kraftübertragung Lauffen—Frankfurt a. M. werden die heutigen Probleme der Energieübertragung mit höchsten Spannungen erörtert. Dabei werden die folgenden Gebiete behandelt: Stromart, Isolierung, Erzeugung, Fortleitung, Schaltung, Überspannungs-, Kurzschluß- und Erdschlußbeherrschung, Verteilung, Regelung und Messung, und es wird an Hand einiger besonderer Leistungen gezeigt, was die Technik heute auf den einzelnen Teilgebieten erreicht hat.

„Kraftübertragungsprobleme im Wandel der Zeiten" könnte man den geschichtlichen Überblick über die Entwicklung der elektrischen Kraftübertragung auch nennen, den Exzellenz von Miller vorgetragen hat[1].

Technische Entwicklungen gehen selten einen schnurgeraden Weg. Die Probleme wechseln ihre Bedeutung, und wenn auch die Probleme sich nicht wandeln, ändern sich im Laufe der Zeit die Vorbedingungen für ihre Lösungen.

Alle technischen Entwicklungen auf einem in sich geschlossenen Gesamtgebiet, wie es die elektrische Kraftübertragung darstellt, sollten aber ein kulturelles Ziel als oberste Richtschnur haben: ein Maximum an Wirkung mit einem Minimum an Aufwendungen zu erreichen. Auf den einzelnen Teilgebieten setzen oft Entwicklungsphasen ruckweise mit dem Auftreten neuer Leitgedanken ein; sie beeinflussen infolge innerer Verbundenheit benachbarte Teilgebiete. Der Wechsel in den technischen Vorbedingungen ist eng verbunden mit den wechselvollen wirtschaftlichen Bedürfnissen und Tendenzen. So entstehen Zickzackwege auf den Einzelgebieten.

Oft hält eine konsequent durchgeführte Richtlinie, die zu Beginn als der einzig richtige Weg gelten konnte, einen unter veränderten Verhältnissen besseren Weg eine Zeitlang zurück, bis der glückliche Gedanke eines findigen Kopfes eine Evolution hervorruft, ähnlich der stürmischen Verdampfung nach dem Siedeverzug. Es ist darum gut im Interesse des technischen Fortschritts, wenn gerade die rastlos vorwärtsstrebende Elektrotechnik — auch ohne daß ein entwicklungstechnischer Zwang erkennbar ist — von Zeit zu Zeit sich Muße nimmt, Entwicklungen der Vergangenheit, Probleme der Gegenwart und Aufgaben der Zukunft miteinander zu vergleichen.

Ein Beispiel hierfür hat seinerzeit großen Eindruck auf mich gemacht: In der ersten Entwicklungszeit der elektrischen Straßenbahnen hat man eine emsige Erfindertätigkeit entwickelt, um die lästige Oberleitung zu vermeiden. Unter den vielen Vorschlägen wurde auch der folgende probeweise ausgeführt, u. zw. bei der Firma Schuckert in Nürnberg. Auf der Unterseite des Wagens befand sich eine Schleifleitung von etwa Wagenlänge (Abb. 1); sie glitt während der Fahrt über isolierte Metallknöpfe, die in Abständen von annähernd der Schleifdrahtlänge in das Straßenpflaster eingelassen waren, so daß immer mindestens einer die Schleifleitung berührte. Die Knöpfe mußten nacheinander durch selbsttätige Schaltapparate ein- und ausgeschaltet werden. Diese Umständlichkeit hat das System wohl unmöglich gemacht. Als aber viel später Wittfeld an den Plänen für die Elektrisierung der deutschen Bahnen, insbesondere der Berliner Stadtbahn arbeitete, wurde eine grundsätzlich ähnliche Lösung ernstlich erwogen. Es sollte auf dem Dach des nun viel längeren elektrischen Zuges eine Schleifleitung angebracht werden, längs der Strecke aber sollten Masten mit feststehenden Stromabnehmern aufgestellt werden. Jetzt waren die Vorbedingungen schon günstigere. Der Gedanke wurde dann aber wieder fallen gelassen, m. W. weil das stoßweise Auftreffen der Schleifleitung auf die Stromabnehmer Schwierigkeiten machte. Man könnte sich denken, daß die neueren Kenntnisse über Schwingungsvorgänge und konstruktiven Hilfsmittel zur Schwingungsdämpfung im Verein mit den bekannten Fortschritten in der Herstellung verfestigter Leichtmetalle den Vorschlag wieder aufleben lassen.

Gleitschiene

Abb. 1. Straßenbahn-Stromzuführung nach Benack mit Wagenschleifleitung, 1897.

A. Stromart.

Werfen wir nun zunächst einen Blick auf die Stromsystemfrage, so haben wir ein in die Augen springendes Beispiel für wechselnde Entwicklungstendenzen. Wie vor 40 Jahren an dieser Stätte der Kampf zwischen Gleichstrom und Wechselstrom getobt hat, so bereitet er sich jetzt als eine der interessantesten großen Zukunftsfragen vor, nachdem frühere Vorstöße von Apt und von Dolivo-Dobrowolsky ihrer Zeit vorausgeeilt waren.

Die Vorteile des hochgespannten Gleichstroms für Höchstspannungs-Kraftübertragungen liegen zunächst in dem einfachen Aufbau der Leitung im Vergleich mit einer kompensierten Drehstromleitung und in ihrer einfacheren Betriebsführung.

Abb. 2. Kabelverlegungsmaschine der AEG.

Weitere erhebliche Vorteile liegen auf isolationstechnischem Gebiet. Sie zeigen sich schon bei der Freileitung, besonders dann, wenn man den Polaritätseinfluß durch einheitliche Spannungsrichtung ausnutzen kann. Bei wechselnder Energierichtung müßten dabei die Gleichrichteranlagen für Stromumkehr geeignet sein.

Bei Kabeln würden so erhebliche Vorteile entstehen, daß man vielleicht beim Übergang auf Gleichstrom an ihre Verwendung für Fernleitungen denken könnte, besonders dann, wenn die bereits angewandte mechanische Verlegung sich bewährt (Abb. 2).

* Vortrag der XXXV. Jahresversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker in Frankfurt a. M.
[1] ETZ 1931, S. 1241.

Zu Ungunsten des Gleichstroms ist bei vergleichenden Betrachtungen geltend gemacht worden, daß die kompensierte Drehstromleitung durch Änderung des Kompensationszustandes ein Mittel habe, auch den Spannungsabfall in der Leitung aufzuheben. Man sollte aber nicht vergessen, daß man durch Einfügung von Spannungstufen auf der Strecke auch bei Gleichstrom den Spannungsabfall aufheben könnte.

Wenn erst das Problem der Umwandlung von hochgespanntem Drehstrom in Gleichstrom und zurück einigermaßen befriedigend gelöst sein wird, dürfte für die Verbindung der großen 100 kV-Zentren der Gleichstrom ein starker Konkurrent des Drehstroms werden, ohne daß man für die Verteilung von dem Drehstromsystem abzugehen brauchte. Es fragt sich nur noch, ob bis dahin die wirtschaftliche Notwendigkeit der Verbindung der großen Zentralpunkte dem schon jetzt technisch in beachtenswertem Umfang erprobten höchstgespannten Drehstrom nicht Vorschub geleistet haben wird.

Nach diesem Ausblick in die Zukunft wollen wir zu den Gegenwartsaufgaben zurückkehren und uns dabei auf den Drehstrom beschränken. Auch da noch gibt es Probleme genug.

Die Umformung selbst ist zwar auch ein wichtiges Gegenwartsproblem, nicht nur für Höchstspannungs-Kraftübertragungen, sondern auch für Bahnzwecke. Weil ihre vielseitigen Entwicklungsmöglichkeiten aber in diesem Rahmen doch nur in unbefriedigender Kürze angedeutet werden könnten, soll dieses Gebiet nicht weiter behandelt werden. Das gleiche gilt für Frequenzumformung.

B. Isolierung.

Betrachtet man das schnelle Anwachsen der höchsten Betriebspannungen, vor allem den letzten Schritt von 110 kV auf das Doppelte, so erkennt man die große Bedeutung des Isolierproblems. Es umfaßt die Materialfrage und die Formgebung.

Die technologischen Anforderungen an die Isolierstoffe sind vielseitig. Besonders hat man sich in letzter Zeit auch mit ihrer Struktur befaßt.

Hier interessiert vor allem das elektrische Verhalten. Das Wesen des Durchschlagsvorganges, den man früher einfach als Tatsache hinnahm, wird mit wissenschaftlicher Gründlichkeit erforscht. Nebenumstände, die man früher wenig beachtet hatte, gewinnen Bedeutung als Ausgangspunkte für das Vordringen physikalischer Aufklärungsarbeit. So hat man bei den Isolierölen gefunden, daß die bekannte Druckabhängigkeit der Durchschlagsfestigkeit verschwindet, wenn man die letzten Gasreste aus dem Öl entfernt. Das bestärkt die Vermutung, daß der Durchschlag im Zusammenhang mit einer Gasbildung steht. Bei festen Stoffen ist das Studium des Einflusses der Beanspruchungszeit sehr fruchtbringend geworden. Die Zeit-Durchschlag-Charakteristiken haben nicht nur eine bessere Ordnung in ohnehin stark streuende Versuchswerte gebracht (Abb. 3); sie sind von hoher Bedeutung für die Beurteilung der praktischen Haltbarkeit der Stoffe gegenüber kurzdauernder Erhöhung der Beanspruchung, sei es bei Überspannungen in Kabeln oder bei Sprungwellenbeanspruchungen in Transformatoren. Darüber hinaus hat man klar erkannt, daß bei Dauerbeanspruchung die innere Erwärmung des Stoffes durch seine dielektrischen Verluste bei Überbeanspruchungen zum Durchschlag führt, und die Bedingungen hierfür auch rechnerisch durch eine Stabilitätsbetrachtung in Übereinstimmung mit dem Experiment erfaßt. An dünnen Schichten, bei denen die Wärmeabfuhr aus dem Inneren keine Schwierigkeit macht, findet man überraschend hohe Festigkeiten und erklärt sie durch Raumladungserscheinungen. Bei kürzester Beanspruchung mit höchsten Feldstärken glaubt man neuerdings an eine rein elektrische Zerreißung durch Feldkräfte.

Abb. 3. Durchschlagskurven für Hartpapierplatten bei 90° C.

Die praktische Isolierkunst steht bei höchsten Spannungen vor allem vor der Aufgabe, aus den unförmigen Isolierkörpern die erzeugte Wärme herauszubringen. Ölgefüllte Durchführungen mit natürlicher Ölzirkulation und Unterteilung der Isolationsstrecke durch sperrende Hartpapierzylinder (Abb. 4 a) wetteifern mit Kondensatordurchführungen (Abb. 4 b), bei denen durch leitende Zwischenbelegungen Wärmeabfuhr, Feinunterteilung in dünne Schichten und Steuerung des Feldverlaufs gleichzeitig erreicht werden. Auch auf keramisches Material hat man solche Unterteilungsgrundsätze ausgedehnt (Abb. 4 c).

Je weiter man das Isolatorinnere durch Materialverbesserung und Anordnung verfestigen lernt, um so drückender empfindet der Konstrukteur die Grenze, welche ihm die äußere Überschlagstrecke in Luft setzt. Aber auch hier ist er nicht machtlos.

a Öldurchführung mit Hartpapier-Trennwänden der AEG
b Kondensatordurchführung der SSW
c Porzellan-Mehrrohr-Durchführung der Hescho

Abb. 4. Hochspannungs-Durchführungen.

Die einfache Einhaltung einer Mindestüberschlagstrecke, gemessen als kürzester Luftweg, ist eine grobe Konstruktionsregel, die um so mehr verfeinert werden muß, je stärker die steigenden Spannungen nach Raumersparnis drängen. Ein Mittel ist die Abrundung von Kanten zur Heraufsetzung der Ionisierungsgrenze der umgebenden Luft. Im Gegensatz hierzu steht die Anwendung schneidenförmiger Kanten, welche die Ionisierung absichtlich zulassen und die entstehende Raumladung ausnutzen. Überhaupt schenkt man dem Raumladungsphänomen mehr und mehr Beachtung.

Der Forderung gleicher Sicherheit gegen Hochfrequenz- und Stoßbeanspruchung sucht man durch zweckmäßige Gestaltung der äußeren Form gerecht zu werden. Ganz besonders hat von jeher die Schwierigkeit der Gleitfunkenerscheinung die Formgebung beeinflußt, insbesondere bei Hochspannungs-Durchführungen und grundsätzlich ähnlichen Anordnungen. Neben dem probaten Mittel der ausreichenden Dimensionierung gewinnt die Steuerung des Oberflächenpotentials durch schwache Oberflächenströme in schlecht leitenden Überzügen steigende Bedeutung.

C. Erzeugung.

Die zunehmende Konzentration der Erzeugung hat schnellwachsende Maschinengrößen verlangt. Die bloße Aneinanderreihung zahlreicher kleinerer Aggregate mit langen, verlustreichen Zwischenleitungen würde kaum einen ausreichenden wirtschaftlichen Vorsprung gegeben haben. Neben den erheblichen Fortschritten der Dampfturbinentechnik und des Wasserturbinenbaues war die Leistungssteigerung im Generatorenbau erforderlich. Da die Grenze in der Transportfähigkeit der Maschinen liegt, mußten Gewicht und Abmessungen auf das äußerste beschränkt, die Leistung je Pol heraufgesetzt werden. Für Dampfturbinenantrieb hat man in Deutschland mit 4 Polen 100 000 kVA, mit 2 Polen 80 000 kVA erreicht.

Hohe Leistung je Pol bedingt große Umfangsgeschwindigkeit und große Länge der Maschinen. 4 m lange Induktoren mit 150 m/s bei Nenndrehzahl bzw. 190 m/s bei 25 % Drehzahlsteigerung nach den R.E.M. stellen in mechanischer Hinsicht ganz gewaltige Anforderungen an Material und Konstruktion, denen man nur durch schärfste Ausnutzung der Errungenschaften der Metallkunde, verbunden mit wohlbedachter meßtechnischer Kontrolle der De-

formationen während des Schleuderversuches gerecht werden kann. Die Lage der kritischen Umdrehungszahlen muß beim Entwurf beachtet werden. Die zweite kritische Umdrehungszahl soll über dem 1,5fachen Betriebswert liegen. Bei dieser in mechanischer Hinsicht schwierigen Sachlage spielt die Verringerung der Abmessungen durch Verbesserung der Kühlung eine große Rolle. Kühlluftmengen von der Größenordnung von 100 m³/s werden in mehrfacher Parallelführung durch große Maschinen gepreßt und in geschlossenem Kreislauf rückgekühlt. Bei Umlaufkühlung wird auch die Verstaubung der Wicklungen verhütet und die Löschung von Generatorbränden durch Kohlensäure erleichtert. Wesentliche Vorteile bietet Wasserstoff als Kühlmittel, einmal wegen des erheblich höheren Wärmeableitvermögens, dann aber auch, weil die Gasreibungsverluste im Vergleich mit Luft wegen der geringeren Dichte auf einen Bruchteil zurückgehen. Die Schwierigkeiten der Dichtung gegen die Außenluft, insbesondere an der Austrittsstelle der Welle, sollen in Amerika überwunden sein, wo man bereits mit Wasserstoff gekühlte Generatoren gebaut hat und 250 000 kVA als Grenzleistung angibt.

Abb. 5. Verdrillter Generatorstab nach Roebel.

Der erhebliche Aufwand zur Beseitigung der Verlustwärme gibt dem primären Weg der Herabsetzung der Verluste besondere Bedeutung. Die Eisenverluste drückt man, indem man die Anwendung legierter Bleche auch im Generatorenbau durch sorgfältige Arbeit ermöglicht. Die zusätzlichen Stromwärmeverluste setzt man durch Verschränkung parallel geführter Nutleiter mit Platzwechsel so weit herab, daß man nicht über 110 ... 130 % des Gleichstromwertes kommt (Abb. 5). Derartige Verschränkungen dehnt man neuerdings auch auf die Stirnverbindungen aus, die der Einwirkung des Statorstreufeldes unterliegen.

Äußerste Materialausnutzung kann aber nur erreicht werden durch genaue rechnerische Verfolgung des Wärmestromes von den Verlustwärmequellen bis zum Kühlmittel. Die Nutenisolation, welche am temperaturempfindlichsten ist, setzt dem Wärmestrom den größten Widerstand entgegen. Temperaturunterschiede von 10 ... 20 ° C auf wenige Millimeter Wandstärke ergeben recht schwierige Verhältnisse, so daß eine Überwachung ihrer Innentemperatur nützlich ist. Meßgeräte hierfür sind entwickelt worden. Die genaue Nachprüfung der Materialverteilung in der Nut muß dem Um-

a Generatorstab
b Mikanithülse
c Metallfolie
d Asbestwand
e Papierbelag

Abb. 6. Metalleinlage zur Feldsteuerung an der Stabaustrittstelle nach SSW.

stande Rechnung tragen, daß Verringerung der Isolationsdicke zugunsten des Kupferquerschnittes sich günstig auswirken kann, weil dabei die abzuführende Stromwärme sinkt, die Temperatur noch durch Verringerung des Wärmewiderstandes der Isolation niedriger wird und im Endeffekt das Isolationsmaterial bei der niedrigen Temperatur trotz Verringerung der Dicke an Durchschlagsfestigkeit kaum Einbuße erleidet. Dieser Gedankengang wird um so mehr zutreffen, je höher man die Nennspannung wählt.

In Deutschland hatte man lange an der Generatorspannung von 6 ... 7 kV festgehalten. Bei den neuen 100 000 kVA-Maschinen ist man zur Verringerung der hohen erforderlichen Stromstärken bereits auf den doppelten Wert gegangen. Der Übergang auf 30 kV, für den auch bereits ein kleinerer Generator gebaut ist, würde durch den Fortfall einer Transformationsstufe in vielen Fällen besonders vorteilhaft werden. Die Erhöhung der Nennspannung macht zur Unterdrückung der Gleitfunken an den Stabenden Feldsteuerung erforderlich; sie geschieht durch Metalleinlagen (Abb. 6) und schwach leitenden Oberflächenlack. Eine interessante Verbesserung der Isolation von Hochspannungsmaschinen ist durch Abb. 7 dargestellt. Die Keilform der Nut zwischen parallelwandigen Zähnen wird hierbei zur Abstufung der Isolationsstärke ausgenutzt. Die Stäbe werden derart hintereinander geschaltet, daß die Spannung gegen das Gehäuse entsprechend der Isolationsstärke ansteigt. Außerdem wird die Isolation dort, wo ihre Schichtdicke am geringsten ist, durch mechanische Pressung verdichtet. Die Anordnung, die m. W. bisher erst für kleinere Maschinen angewendet worden ist, kann wesentliche Ersparnisse erzielen in Anlagen, in denen man den Nullpunkt des Generators annähernd auf Erdpotential halten kann. Ein weiterer Vorteil der Anordnung ist, daß die Stäbe lose eingelegt und dann vom Nutengrund aus eingespannt werden können.

Abb. 7. Isolationsausführung für Hochspannungs-Turbogeneratoren nach SSW.

Mit wachsender Maschinengröße erhöhen sich auch die Schwierigkeiten, die durch verschiedene Wärmedehnung der einzelnen Baustoffe bedingt werden. Ein 4 m langer Kupferstab wird bei Erwärmung auf 90 ° C um 5,8 mm länger, eine Mikanithülse um etwa 4 mm. Bei häufigem Belastungswechsel können spröde Isolierstoffe zermürbt werden. Mit elastischen Hülsen und plastischen Bindemitteln kann diese Gefahr vermieden werden.

Die Abstützung der Wickelköpfe gegen mechanische Kurzschlußkräfte darf die Wärmeabfuhr nicht beeinträchtigen. Bewährt hat sich die Anwendung der Gitterwicklung in zwei Ebenen derart, daß die Bügelhälften jeder Ebene durch Rechen gehalten werden und die Kröpfungsstelle des Wickelkopfes noch gegen das Gehäuse abgestützt wird (Abb. 8). Bei einphasigem Kurzschluß können zwischen benachbarten Stäben 80 kg je cm Bügellänge auftreten.

Abb. 8. Kurzschlußgenerator der AEG für 1 000 000 kVA Kurzschluß-Abschaltleistung.

Wichtig im Hinblick auf die schnelle Kurzschlußabschaltung ist die Zeit, innerhalb welcher der Generator entregt werden kann. Die hohe Induktivität des Erregerkreises bedingt eine große Zeitkonstante; durch besondere Mittel ist es aber gelungen, die Entregung in wenigen Sekunden praktisch zu bewerkstelligen.

D. Transformierung.

Im Transformatorenbau ist man nicht so dringend zu einer Steigerung der Leistung genötigt, jedoch liegen natürlich auch hier in der Vergrößerung betriebliche und wirtschaftliche Vorteile. Man hat errechnet, daß die linearen Abmessungen des Transformators nur mit der 4. Wurzel aus der Leistung steigen, das Gewicht also nur mit der 0,75. Potenz der Leistung. Steigt aber gleichzeitig die Spannung schneller als äußerst mit den linearen Abmessungen, d. h. schneller als mit der 4. Wurzel aus der Leistung, so müssen bei kleineren Leistungen größere Abstände gewählt werden.

Die praktische Leistungsgrenze liegt auch hier in der Transportfähigkeit. Sie wird dadurch erhöht, daß

Großtransformatoren selbst als Eisenbahnwagen ausgebildet werden. Um die Profilhöhe nicht zu überschreiten, wählt man Fünfschenkelkerne und baut die Durchführungen für den Transport ab. Mit den Transformatoren für das Pumpspeicherwerk Herdecke hat man die Größe auf 100 000 kVA-Transformatoren für 220 kV hinaufgerückt (Abb. 9). Weitere Leistungssteigerung ist noch möglich durch den Zusammenbau des ganzen Transformators an Ort und Stelle und durch Auflösung des Drehstrom-Transformators in drei Einphasen-Transformatoren nach amerikanischem Muster. Für deutsche Verhältnisse mit nicht geerdetem Nullpunkt sind bei dieser Ausführung allerdings 6 Durchführungen nötig, was bei hohen Spannungen teuer wird.

Abb. 9. 100 000 kVA-Transformatorkern für 220/110 kV (AEG).

Dreiphasige Transformatoren in Stern-Stern-Schaltung zum Anschluß von Erdschlußspulen müssen zur Unterdrückung von Oberwellen und zur Vermeidung von Nullpunktsverlagerungen bei einphasiger Belastung, z. B. im Erdschlußfall, eine in Dreieck geschaltete Tertiärwicklung erhalten. An diese können dann Phasenschieber und Kompensationsdrosselspulen angeschlossen werden mit dem Vorteil, daß man die hierfür geeignete Spannung auswählen kann.

Auch beim Transformator gewinnt mit steigender Leistung das Kühlproblem an Bedeutung. Bei Öltransformatoren mittlerer Größe mit Selbstkühlung treibt man durch tiefe Oberflächenfaltung mit Kaminwirkung die Leistungsgrenze hinauf. Für größere Transformatoren schaltet man die unbequemen Umwälzeinrichtungen

Abb. 10. 30 000 kVA-Transformator für 100 kV mit Zusatzluftkühlung.

wenigstens erst bei höheren Belastungen ein (Abb. 10). Für künstliche Ölrückkühlung werden bis zu den größten Leistungen Luftkühler mit eingebauten Ventilatoren bevorzugt, wenn die Beschaffung von reinem Kühlwasser zu kostspielig wird (Abb. 11).

Die Leistungssteigerung stellt erhöhte Anforderungen an Material und Konstruktion. Früher waren für eine Induktion von 10 000 Gauß Verlustziffern von 1,7 W/kg für 0,5 mm-Blech und 1,3 W/kg für 0,35 mm-Blech vorgeschrieben. Jetzt sind mit Silizium legierte Bleche mit 1,1 ... 1,0 W/kg im Handel. Zur Vermeidung des Eisenbrandes und zur besseren Wärmeabfuhr werden die Kerne in zwei Ebenen durch Kanäle unterteilt. Beachtenswert ist die Zusammensetzung des Kerns aus mehreren in sich geschlossenen Teilkernen, die in Abb. 12 an einem Kerntransformator während des Aufsetzens des Joches gezeigt wird. Eine Neukonstruktion von Manteltransformatoren mit weitgehender Eisenwegauflösung zeigt Abb. 13.

Weitere Fortschritte im Kernaufbau ergeben sich durch die Möglichkeit, Blechpressung mittels Bolzen vollständig oder teilweise zu ersetzen durch Zusammenbacken von Einzelblechen mittels Bakelits unter hohem Preßdruck. Versuchsweise sind solche Blechpakete mit

Abb. 11. 40 000 kVA-Freilufttransformator 220/100/10,7 kV mit Luftrückkühl-Anlage.

Herstellungsdrucken von 10 ... 50 at hergestellt worden (Abb. 14).

Theoretische Betrachtungen über das Materialminimum führen zu elliptischen Kernquerschnitten; mit Rücksicht auf die Kurzschlußkräfte wählt man die Kreisform, die in sich keine Deformationstendenz mehr hat.

Die zwischen primärer und sekundärer Wicklung auftretenden Kräfte werden in sich ausgeglichen durch den doppelkonzentrischen Spulenaufbau, für den Abb. 15 ein klassisches Beispiel aus dem Jahre 1912 darstellt. Der Schnitt ist am Umfang genommen und zeigt die Hochvoltwicklung zwischen der in zwei Zylinder aufgeteilten Niedervoltwicklung.

Abb. 12. Aufbau eines Transformators mit getrenntem Eisenrahmen (SSW).

Um einen gleichmäßigen Spulenpreßdruck sicherzustellen, hat man die Anpressung mit vorgespannten Federn eingeführt. Zur Abfangung von Stoßdrücken bei Kurzschluß erhalten derartige Federn auch Ölkolbendämpfung (Abb. 16).

Unter den Isolierproblemen des Transformatorenbaues ist das wichtigste die Sicherung benachbarter Windungen gegen Durchschlag bei eindringenden Wanderwellen. Im allgemeinen hat der deutsche Transformatorenbau eine solche Festigkeit der Windungsisolation über die gesamte Wicklungslänge erreicht, daß Win-

dungskurzschlüsse an größeren Transformatoren neuerer Bauart selbst bei den heftigsten Gewitterbeanspruchungen selten sind. Eine Entlastung bietet das von Windung zu Windung quer hindurchtretende elektrische Feld. Für das Problem der Stoßfestigkeit spielen aber auch die Teilkapazitäten der Wicklungsteile gegeneinander und gegen Kern und Kessel eine Rolle. Beim Auftreffen eines Spannungsstoßes sind lokale Spannungserhöhungen durch innere Schwingungsvorgänge durchaus möglich, bei Wellenzügen auch Resonanzerscheinungen. Diese verwickelten Erscheinungen werden durch umfangreiche theoretische Arbeiten und experimentelle Untersuchungen mittels des Kathodenstrahl-Oszillographen erforscht. Anzustreben ist, bei Stoßbeanspruchung die gleiche Spannungsaufteilung auf natürlichem Wege durch geeignete Kapazitätsverteilung zu erhalten, wie sie im Betriebe mit 50 Hz durch die Windungsspannungen erzwungen wird. Derartige Feldsteuerungen bewirkt man durch Metallschirme, die mit den Wicklungsanfängen verbunden sind.

Abb. 13. Aus einzelnen Teilen zusammengesetzter Mantelkern nach SSW.

Abb. 14. Aus Platten zusammengesetzter Transformatorkern der AEG.

Abb. 15. Schnitt durch eine doppeltkonzentrische Transformatorwicklung der AEG.

E. Fortleitung.

Die Probleme langer Fernleitungen unter Berücksichtigung verteilter Induktivität und Kapazität haben schon immer großes Interesse gehabt, sind aber für die Hochspannungspraxis erst in letzter Zeit aktuell geworden, für uns seit der Fernübertragung vom Niederrhein zu den Alpen und der Projektierung innereuropäischer Verbindungsstrecken. Bekanntlich entspricht bei einer Betriebsfrequenz von 50 Hz eine Strecke von etwa 1500 km einer Viertelwellenlänge und dreht den Spannungsvektor um 90 elektrische Grade. Sie würde bei einem Kurzschluß des Leitungsendes am Leitungsanfang volle Spannung behalten und nur den Verluststrom aufnehmen; anderseits würde man bei Leerlauf, um am Ende normale Spannung zu halten, am Anfang nur eine den Verlusten entsprechende Spannung aufdrücken dürfen. Zwischen Kurzschluß und Leerlauf ist besonders ausgezeichnet der Fall einer Belastungsimpedanz gleich dem Wellenwiderstand der Leitung. Es herrschen dann längs der ganzen verlustfrei gedachten Leitung der gleiche Strom und die gleiche Spannung, nur die Phasenlage ändert sich. Es ist darum vorgeschlagen worden, mit konstanter Belastungsimpedanz zu arbeiten, je nach der zu übertragenden Leistung also Strom und Spannung gleichzeitig zu ändern. Bezüglich der Verluste ergäbe das übrigens stets ein günstiges Verhältnis zwischen strom- und spannungsabhängigem Anteil. Die Schwierigkeit liegt in dem Übergang auf den Betrieb mit konstanter Spannung, der mit Rücksicht auf die Stromverbraucher nötig ist. Die heutige Praxis konstanter Betriebspannung verlangt eine Angleichung des wirksamen Wellenwiderstandes der Leitung an die jeweilige Belastung. Diese kann durch gleichmäßig über die Leitungslänge verteilte Drosselspulen oder Kondensatoren in Parallelschaltung erzielt werden. So kommen wir zur kompensierten Wechselstromleitung. Für den Leerlauffall müssen wir die volle Leitungskapazität durch Drosselspulen kompensieren. Mit steigender Belastung muß die Stromaufnahme der Induktivitäten verringert werden, bis man bei der sogenannten natürlichen Leistung, welche dem Wellenwiderstand der unkompensierten Leitung entspricht, die Spulen völlig abgeschaltet hätte. Zur weiteren Leistungsteigerung müßte man sogar Kondensatoren anlegen.

a Wicklung
b Kolben
c Preßfeder
d Ölaustrittsöffnung

Abb. 16. Pressung von Transformatorspulen mit dämpfendem Ölkatarakt (Oerlikon).

Abb. 17. Natürliche Leistung und Wellenwiderstand von Freileitung und Kabel.

Die Verhältnisse, die sich für das ganze Gebiet zwischen Freileitung und Kabel ergeben, sind in Abb. 17 dargestellt. Als Abszisse ist die verkettete Betriebspannung bis 200 kV aufgetragen. Über diesem Punkt sind in senkrechter Richtung die natürlichen Leistungen und zugehörigen Ströme aufgetragen, welche bei dieser Spannung den rechts angeschriebenen Wellenwiderständen entsprechen. Man sieht, daß für Kabel sehr viel höhere natürliche Leistungen herauskommen als bei gleicher Spannung für Freileitungen. Für abnehmende Spannung folgen Leistung und Strom den von den betreffenden Punkten der Z-Skala ausgehenden gestrichelten bzw. ausgezogenen Linien. Man erkennt aus dem Bild auch deutlich, daß für eine bestimmte ins Auge gefaßte Übertragungsleistung die Spannung bei Kabeln für diesen Idealbetrieb wesentlich niedriger liegen müßte. Um bei wechselnder Belastung jeweils den Zustand der natürlichen Leistung einzustellen, kann man, wie gesagt, durch veränderliche Kompensation den wirksamen Wellenwiderstand verstellen. Nur wenn kein weiterer Betriebszustand als der mit der natürlichen Leistung vorkommen würde, könnten solche Mittel entbehrt werden. Für Kabel liegt aber diese Leistung außerordentlich hoch, und man würde für die zugehörige Stromstärke auf gewaltige Querschnitte kommen.

Wie Querschnitt und Stromwärmeverluste in diese Betrachtungen hineinspielen, ist aus der folgenden Rechnung einfach zu ersehen:

p relativer Stromwärmeverlust
s Stromdichte in A/mm²;

$$p = \frac{3\, I^2 R}{\sqrt{3}\, U\, I \cos\varphi} = \frac{\sqrt{3}\, I \dfrac{L}{\lambda\, q}}{U \cos\varphi} = \frac{\sqrt{3}\, s\, L}{\lambda\, U \cos\varphi},$$

daraus

$$\frac{\sqrt{3}\, s}{\lambda\, p \cos\varphi} = \frac{U}{L} \text{ in kV/km.}$$

Mit $\cos\varphi = 1$ und $p = 0{,}1$ wird je A/mm²

$$\text{für Kupfer } \frac{U}{L} = 0{,}3,$$

$$\text{für Aluminium } \frac{U}{L} = 0{,}5.$$

Aus einer leicht verständlichen Formel ist hier ein Ausdruck aus Stromdichte, Leitfähigkeit und relativem Stromwärmeverlust entwickelt, welcher gleich der Spannung in kV je Leitungslänge in km ist. Läßt man 10% Stromwärmeverluste zu, so ergibt sich je A/mm² ein Verhältnis: kV/km = 0,3 für Kupfer und 0,5 für Aluminium. Die in Betracht kommenden Stromdichten werden zwischen 1 und 2 liegen. Zur Ausnutzung von Kabeln mit ihrer natürlichen Leistung, also ohne Kompensations-Drosselspulen bei Vollast, müßte man hiernach z. B. bei 100 kV Kabelquerschnitte von der Größenordnung von 1000 mm² einführen und würde mit ihnen etwa 250 MVA bei 10% Verlust auf etwa 250 km übertragen können. Wenn man hiermit als ständige Grundlast rechnen könnte, brauchte man das Kabel nicht zu kompensieren. Tatsächlich müßten mit Rücksicht auf schwächere Belastungen eine Reihe von großen Drosselspulen längs der Strecke verteilt werden.

Abb. 18. Verschiedener Durchhang in einem Spannfelde nach teilweisem Abwerfen einer Eisbelastung.

Man erkennt aus diesen Gedankengängen, daß in der Praxis regelbare Kompensations-Drosselspulen für Kabel wohl stets nötig sein werden und daß sie auch für Freileitungen erst bei höheren Leistungen als den heute vorliegenden durch Phasenschieber, die auch Kapazitätswirkung ausüben können, ersetzt zu werden brauchen. Beide Mittel legt man an die Tertiärwicklungen der Leistungstransformatoren an.

Abb. 19. 100 kV-Leitung mit Portalmast-Anordnung.

Für die Abschnitte, in welche man die Freileitungsstrecke unterteilen muß, genügen Teilstrecken von 200 bis 300 km. Diese Längen entsprechen auch bei den in Deutschland vorliegenden Siedlungsverhältnissen etwa den Stellen, an denen ohnehin zur Energieversorgung größere Transformatorstationen errichtet werden müssen.

Eine Änderung der Kompensation über die erforderliche Einstellung hinaus kann zur Spannungsregelung benutzt werden und auch den Spannungsabfall infolge der Leitungsverluste ausgleichen.

Gehen wir zur konstruktiven Ausbildung der Freileitungen über. Die Ansprüche, welche man an sie bezüglich der Betriebsicherheit stellt, sind mit der wachsenden Bedeutung der Hochspannungsnetze selbstverständlich immer mehr gestiegen. Die mechanische Ausführung hat in erster Linie die vorkommenden Eisbelastungen zu berücksichtigen. Zu befürchten sind hierbei außer den statischen Zusatzlasten besonders plötzliche Entlastungen einzelner Leitungsabschnitte durch den Ausfall dieser Zusatzlasten. Bei großen Spannweiten können die dadurch auftretenden Belastungsunterschiede benachbarter Felder die Hängeketten derart schrägstellen, daß Leitungseile von ursprünglich verschiedener Höhenlage sich im Seitenriß kreuzen (Abb. 18). Geraten die Leitungen, deren Eisbehang dem Winde große Angriffsflächen darbietet, auch noch ins Schwanken, so entsteht Kurzschlußgefahr. Dieser Umstand hat, wenigstens für Gebiete mit starker Rauhreifgefahr, eine Abkehr von der sonst bei Doppelleitungen üblichen Anordnung dreier Leitungen übereinander geführt zugunsten zweier anderer Bauweisen. Bei der einen hat man zunächst die sonst mittlere Leitung auf die untere Traverse verlegt, so daß der doppelte Höhenabstand entstand. Bei der anderen Bauweise legt man alle Leitungen in gleiche Höhe (Abb. 19), u. zw. entweder in Portal- oder Ständeranordnung. Eine Abart der letzteren ist die Schwenktraversen-Anordnung, welche eine ruckweise Überbeanspruchung des Mastes verhütet. Dem gleichen Zweck dienen gleitende oder auslösende Tragklemmen.

Abb. 20. 10gliedrige Ketten mit Schutzkörben an der RWE-Leitung.

Als Leitermaterial werden unter normalen Verhältnissen Kupfer und Reinaluminium verwendet. Stahlaluminiumseile haben den Nachteil unbequemer Montage; in Fällen höchster mechanischer Anforderungen werden Seile aus Phosphorbronze bevorzugt. Große Hoffnungen hat man auf vergütete Aluminiumlegierungen gesetzt, deren Festigkeitswerte bei guter Leitfähigkeit bestechend sind. Anderseits tritt durch Gewichtsverminderung eine erhöhte Gefahr der Ausbildung von Seilschwingungen auf. Diese entstehen bei seitlichen Winden mäßiger Stärke durch periodisch sich ablösende Luftwirbel und können leicht zu stehenden Wellen mit einer höheren Harmonischen der durch den Mastabstand bestimmten Grundschwingung ausarten. Die Seilausschläge werden um so größer, je glatter die Seiloberfläche ist, am größten also bei Glatteisüberzug. Ermüdungsbrüche waren früher die Folge. Jetzt verhütet man die Störungen durch verdrehbar aufgehängte Klemmen oder durch Verteilung der Beanspruchung an der Aufhängestelle auf eine größere Leitungslänge oder durch Federkraftspeicher in Verbindung mit Luftkolbendämpfung oder durch Verstimmung der kritischen Schwingungsdauer durch angehängte Massen. So hat man erreicht, daß nach 1000 Millionen Schwingungen noch keine Ermüdungsbrüche eingetreten sind.

1. Ausbau, 185 mm² 2. Ausbau, 120 mm²

Abb. 21. Zwei 100 kV-Drehstrom-Ölkabel der SSW für Nürnberg mit gleicher Übertragungsleistung.

Drehstromleitungen hoher Spannungen müssen bekanntlich zur Vermeidung unerträglicher Koronaverluste mit Hohlseilen ausgerüstet werden. Ein Durchmesser von 42 mm reicht bis 380 kV verkettete Spannung aus, für 200 kV würden 25 ... 30 mm genügen. Wesentliche Unterschreitung dieser Grenzen würde nicht nur die Verluste in unerträglichem Maße steigern, sondern auch bereits durch Kurvenformverzerrung bedenklich werden können, besonders im Falle von Spannungsverlagerungen durch Erdschlüsse.

Zur Verhütung von Lichtbogenbeschädigungen der Isolatorketten werden weitausladende Schutzkörbe verwendet (Abb. 20). Diese Maßnahme scheint sich für wichtige Leitungsnetze höchster Spannung allmählich einzubürgern. Die experimentelle Untersuchung der Lichtbogenwirkung hat zu dem Vorschlag geführt, bei langen Ketten auch an Zwischenstellen solche Ringe zur besseren Lichtbogenführung anzubringen.

In der Kabeltechnik war man lange an der Schwelle von 35 kV stehengeblieben; nach Einführung der strahlungsfreien Kabel ist man aber in zwei Sprüngen auf 60 und 100 kV gegangen. Einen weiteren Anstoß hat die Kabeltechnik durch die Einführung eines leicht flüssigen Kabelisolieröles an Stelle der Isolation mit zäher Masse erfahren. Da das Öl allen Wärmebewegungen im Kabel folgen kann, werden innere Hohlraumbildung und Ionisation vermieden. Abb. 21 zeigt die im Stadtgebiet von Nürnberg verlegten 100 kV-Kabel, von denen das zweite, das z. Z. verlegt wird, trotz Verringerung des Querschnittes von 185 auf 120 mm² die gleiche Übertragungsleistung erreicht wie das erste Kabel. Im Hinblick auf die Wärmeabfuhr aus dem Innern ist jede Verringerung der Isolationsdicke eines Kabels zu begrüßen. Das Ölkabel hat gegenüber dem Massekabel noch den Vorteil, daß es höhere Temperaturen, nach bisherigen Angaben 75 ° C, verträgt. Es werden aber auch für sehr hohe Spannungen Massekabel gebaut, und die Betriebserfahrungen der nächsten Zeit müssen entscheiden, welcher Bauart die Zukunft gehört. Auf jeden Fall muß zur Vermeidung innerer Gaseinschlüsse ein möglichst gutes Vakuum angewendet werden, insbesondere auch bei der Aufbereitung und Einführung des Tränkungsmittels.

Für sehr hohe Spannungen ist die Frage aktuell, ob man die drei Adern miteinander verseilen oder drei Einphasenkabel verwenden soll. Die zusätzlichen Verluste in der Bewehrung von Einphasenkabeln können durch Verwendung unmagnetischer Materialien erheblich herabgesetzt werden. Für die Verwendung von Einfachkabeln sprechen die wesentlich größeren Fabrikationslängen, die die Zahl der erforderlichen Muffenverbindungen erheblich zu verringern gestatten. Muffen und Endverschlüsse haben lange die schwächsten Stellen der Kabelstrecken gebildet; durch ihre Auflösung in drei einphasige Anordnungen mit radialem Feldverlauf hat man aber die Schwierigkeiten behoben. Die schwerfälligen, massegefüllten Kabelendverschlüsse werden neuerdings bis zu 50 kV durch Einfügen einer Dichtungskappe und feste Bewicklung der herausragenden Leitungsenden ersetzt. *(Schluß folgt.)*

Zur Theorie des Transformators.

Von **H. Barkhausen**, Dresden.

Übersicht. Klarlegung von Zusammenhang und Unterschied zwischen den 3 verschiedenen Darstellungen des Transformators A) durch die Induktionskoeffizienten, B) durch die Kraftflüsse, C) durch die Ersatzschaltung. Die letztere sollte viel mehr bevorzugt werden.

Der alte Transformator, der jetzt in der Starkstromtechnik „Umspanner", in der Schwachstromtechnik „Übertrager", in der Hochfrequenztechnik „gekoppelte Kreise" und in der Meßtechnik „Wandler" genannt wird, ist schon seit langem Gegenstand zahlreicher theoretischer Untersuchungen gewesen. Je nach dem schon durch die verschiedenen Namen gekennzeichnetem Anwendungsgebiet ist die Behandlungsweise eine andere. Es ist daher gut, sich über das Gemeinsame und Trennende dieser verschiedenen Theorien Klarheit zu verschaffen.

Es gibt beim Transformator hauptsächlich drei Arten der Darstellung:

A) Die Darstellung der Physiker und Hochfrequenztechniker.

Diese älteste Darstellungsweise rechnet mit den Koeffizienten der Selbst- und Gegeninduktivitäten L und M. Das führt zu den Spannungsgleichungen (vgl. Abb. 1):

$$\left.\begin{aligned} u_1 &= R_1 i_1 + L_1 \frac{d i_1}{d t} + M_{21} \frac{d i_2}{d t} \\ u_2 &= R_2 i_2 + L_2 \frac{d i_2}{d t} + M_{12} \frac{d i_1}{d t}. \end{aligned}\right\} \quad (1)$$

Aus dem Satz von der Erhaltung der Energie folgt in Übereinstimmung mit der Erfahrung, daß stets

$$M_{21} = M_{12} = M \leq \sqrt{L_1 L_2}. \quad (2)$$

Man setzt zweckmäßig

$$M = k \sqrt{L_1 L_2}; \quad k = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}} = \text{Kopplungskoeffizient} \leq 1. \quad (3)$$

Das Wurzelvorzeichen soll so gewählt werden, daß k stets positiv ist, während M positiv oder negativ sein kann.

B) Die Darstellung der Starkstromtechniker.

Diese rechnen mit den Kraftflüssen Φ, die von den Amperewindungen $w i$ in den magnetischen Widerständen R_m erzeugt werden:

$$\Phi = \frac{0{,}4 \pi w i}{R_m}; \quad (4)$$

diese Kraftflüsse induzieren dann ihrerseits in den umschlungenen Windungen Spannungen:

$$u = w \frac{d \Phi}{d t}. \quad (5)$$

Um den Zusammenhang mit der Darstellung A) hervortreten zu lassen, sei zunächst abweichend von der üblichen Darstellung angenommen, daß die primären Amperewindungen $w_1 i_1$ für sich einen Kraftfluß Φ_1, ebenso die sekundären Amperewindungen $w_2 i_2$ für sich einen Kraftfluß Φ_2 erzeugen und sich beide Kraftflüsse überlagern. Dann ergeben sich die folgenden Spannungsgleichungen:

$$\left.\begin{aligned} u_1 &= i_1 R_1 + w_1 \frac{d \Phi_1}{d t} + k_{21} w_1 \frac{d \Phi_2}{d t} \\ u_2 &= i_2 R_2 + w_2 \frac{d \Phi_2}{d t} + k_{12} w_2 \frac{d \Phi_1}{d t}. \end{aligned}\right\} \quad (6)$$

Der Kopplungsfaktor k_{21} drückt aus, wieviel vom Kraftfluß Φ_2 die Windungen w_1 durchsetzt, ebenso k_{12}, wieviel

Abb. 1.

Abb. 2.

von Φ_1 durch w_2 geht. — Die Gl. (1) und (6) stellen identisch denselben physikalischen Vorgang dar. Es muß daher sein:

$$\left.\begin{aligned} L_1 &= w_1^2 \frac{\Phi_1}{w_1 i_1}; \quad L_2 = w_2^2 \frac{\Phi_2}{w_2 i_2} \\ M &= k_{21} w_1 w_2 \frac{\Phi_2}{w_2 i_2} = k_{12} w_1 w_2 \frac{\Phi_1}{w_1 i_1}. \end{aligned}\right\} \quad (7)$$

Hieraus folgt:

$$\frac{k_{21}}{k_{12}} = \frac{R_{m_1}}{R_{m_2}} \text{ und } M^2 = k_{21} k_{12} L_1 L_2, \text{ d. h. } k_{21} k_{12} = k^2. \quad (8)$$

$$\frac{1}{k_{12}} = v_1 = \frac{L_1}{M} \frac{w_1}{w_2} \text{ und } \frac{1}{k_{21}} = v_2 = \frac{L_2}{M} \frac{w_1}{w_2}$$

sind die Hopkinsonschen Streukoeffizienten. Es ist im allgemeinen nicht k_{12} gleich k_{21}; dies gilt nur für den Fall, daß $\frac{\Phi_1}{w_1 i_1} = \frac{\Phi_2}{w_2 i_2}$ ist, d. h. daß die magnetischen Widerstände R_{m_1} und R_{m_2} für die ganzen Kraftflüsse Φ_1 und Φ_2 untereinander gleich sind. Angenähert ist das der Fall, wenn beide Kraftflüsse in denselben Bahnen verlaufen, z. B. in dem gemeinsamen Eisenkern unter Vernachlässigung der verschieden verlaufenden „Streukraftlinien". Dann, aber auch nur dann, wird

$$k_{12} = k_{21} = k \text{ und } L_1 : L_2 : M = w_1^2 : w_2^2 : k w_1 w_2. \quad (9)$$

Man rechnet in der Starkstromtechnik meist nicht mit diesen Kraftflüssen Φ_1 und Φ_2, weil man beide Kraftflüsse im Eisen überlagern müßte, das einfache Überlage-

rungsgesetz aber wegen der Eisensättigung dort nicht gilt. Man führt vielmehr einen „gemeinsamen Kraftfluß“ Φ_0 ein, der sowohl von $w_1 i_1$ als auch von $w_2 i_2$ herrührt, aber nur so weit zu berücksichtigen ist, als er alle beiden Windungen, sowohl w_1 als auch w_2 sämtlich durchsetzt. Man braucht dann noch einen „Streukraftfluß“ Φ_{S_1}, der nur von $w_1 i_1$ herrührt und nur w_1 durchsetzt, ebenso Φ_{S_2}, der nur von $w_2 i_2$ herrührt und nur w_2 durchsetzt (Abb. 2).

Dies führt zu den Spannungsgleichungen

$$\left.\begin{aligned} u_1 &= R_1 i_1 + w_1 \frac{\mathrm{d}\Phi_{S_1}}{\mathrm{d}t} + w_1 \frac{\mathrm{d}\Phi_0}{\mathrm{d}t} \\ u_2 &= R_2 i_2 + w_2 \frac{\mathrm{d}\Phi_{S_2}}{\mathrm{d}t} + w_2 \frac{\mathrm{d}\Phi_0}{\mathrm{d}t}. \end{aligned}\right\} \quad (10)$$

Die Identität mit den früheren Gleichungen (6) verlangt die folgenden Beziehungen:

$$\left.\begin{aligned} \Phi_0 &= k_{11}\Phi_1 + k_{21}\Phi_2 = \text{gemeinsamer Kraftfluß} \\ \Phi_{S_1} &= (1-k_{12})\Phi_1 \quad = \text{Streukraftfluß } 1 \\ \Phi_{S_2} &= (1-k_{21})\Phi_2 \quad = \text{Streukraftfluß } 2. \end{aligned}\right\} \quad (11)$$

Hieraus folgt in Verbindung mit den Gl. (7) der Zusammenhang mit der Darstellung A) durch die Gleichungen

$$\left.\begin{aligned} \frac{\Phi_0}{w_1 i_1 + w_2 i_2} &= \frac{M}{w_1 w_2}; \quad \frac{\Phi_{S_1}}{w_1 i_1} = \frac{L_1}{w_1^2} - \frac{M}{w_1 w_2}; \\ \frac{\Phi_{S_2}}{w_2 i_2} &= \frac{L_2}{w_2} - \frac{M}{w_1 w_2}. \end{aligned}\right\} \quad (11a)$$

Wendet man die Darstellung B) auch auf solche Fälle an, wo das Verhältnis $\frac{k_{21}}{k_{12}} = \frac{R_{m_1}}{R_{m_2}}$ stark von 1 verschieden ist, so kann bei fester Kopplung $k = k_{12} k_{21}$ das dem größeren magnetischen Widerstand R_m entsprechende k_{21} oder k_{12} größer als 1 werden. Dann ergibt sich ein negativer Streukraftfluß

$$\Phi_{S_1} = (1-k_{12})\Phi_1 \quad \text{oder} \quad \Phi_{S_2} = (1-k_{21})\Phi_2.$$

Das liegt an der in diesem Falle unzweckmäßigen Annahme, daß der gemeinsame Kraftfluß Φ_0 derjenige Teil der Teilkraftflüsse Φ_1 und Φ_2 sein soll, der sämtliche Windungen w_1 und w_2 durchsetzt, oder allgemeiner ausgedrückt, daß man in den Formeln (6) k_{21} mit Φ_2 und k_{12} mit Φ_1 verbindet, um $\Phi_0 = k_{21}\Phi_2 + k_{12}\Phi_1$ zu erhalten. Man könnte in Gl (6) ebenso gut k_{21} mit w_1 und k_{12} mit w_2 verbinden und hat so tatsächlich von „effektiven umschlungenen Windungen“ $k_{21} w_1$ und $k_{12} w_2$ gesprochen, die man sich dann nach Gl. (6) von den ganzen Kraftflüssen Φ_2 bzw. Φ_1 durchflossen denken muß. Man kommt dann wieder auf die Teilkraftflüsse Φ_1 und Φ_2, d. h. auf die A) entsprechende Darstellung zurück, die man gerade vermeiden will.

Abb. 3.

Wie unsinnig aber ein gemeinsamer Kraftfluß Φ_0, der sämtliche Windungen w_1 und w_2 durchsetzt, gelegentlich werden kann, sei an dem in Abb. 3 dargestellten Experiment gezeigt. Auf dem offenen Eisenkern E liegen die Windungen w_1 und w_2; w_2 besteht aus 2 Teilen A und B. Liegen diese wie in Abb. 3a) beide auf dem Eisenkern, so ist klar, daß beide Teile A und B von dem „gemeinsamen Kraftfluß“ Φ_0 durchsetzt werden. Ist aber wie in Abb. 3b) der Teil B ganz weit von dem Eisenkern entfernt, so ist ebenso klar, daß B nicht mit vom „gemeinsamen Kraftfluß“ Φ_0 durchsetzt wird. Nun kann man aber den einen Zustand ganz kontinuierlich in den anderen überführen. Geht man vom Zustand a) aus, so kann man zunächst ganz sinnvoll sagen, der gemeinsame Kraftfluß Φ_0, der die Teile A und B durchsetzt, wird durch das Herunterschieben des Teiles B verkleinert. Dann ist man aber weiter gezwungen zu sagen, daß auch in dem Zustand b) die Windungen des Teiles B immer noch zum gemeinsamen Kraftfluß Φ_0 beitragen auch dann, wenn B beliebig weit entfernt wird oder gar nachträglich ganz abgewickelt wird, so daß er überhaupt keine „Windungen“ mehr enthält. Bei dem kontinuierlichen Übergang läßt sich kein Augenblick angeben, in dem man statt einer Verkleinerung des gemeinsamen Kraftflusses Φ_0 eine Verkleinerung der „effektiven Windungszahlen“ w_2 in Rechnung setzen sollte.

C) Die Darstellung der Schwachstromtechniker.

Für den Schwachstromtechniker ist der Transformator ein Vierpol. Ein solcher kann bekanntlich ganz allgemein durch eine „Ersatzschaltung“ dargestellt werden, wie sie in Abb. 4 gezeichnet ist. Sie führt zu den Spannungsgleichungen:

$$\left.\begin{aligned} u_1 &= R_1 i_1 + S_1 \frac{\mathrm{d}i_1}{\mathrm{d}t} + M \frac{\mathrm{d}(i_1+i_2)}{\mathrm{d}t} \\ u_2 &= R_2 i_2 + S_2 \frac{\mathrm{d}i_2}{\mathrm{d}t} + M \frac{\mathrm{d}(i_1+i_2)}{\mathrm{d}t}. \end{aligned}\right\} \quad (12)$$

Schreibt man sie in der Form

$$\left.\begin{aligned} u_1 &= R_1 i_1 + (S_1+M)\frac{\mathrm{d}i_1}{\mathrm{d}t} + M\frac{\mathrm{d}i_2}{\mathrm{d}t} \\ u_2 &= R_2 i_2 + (S_2+M)\frac{\mathrm{d}i_2}{\mathrm{d}t} + M\frac{\mathrm{d}i_1}{\mathrm{d}t}, \end{aligned}\right\} \quad (13)$$

so erkennt man sofort, daß Identität mit den Gl. (1) besteht, wenn

$$\left.\begin{aligned} S_1 = L_1 - M, \quad S_2 = L_2 - M, \quad M = M \\ R_1 = R_1, \quad R_2 + R_2 \end{aligned}\right\} \quad (14)$$

ist. Diese in der Schwachstromtechnik schon viel verwandte Ersatzschaltung erfreut sich mit Recht einer immer größer werdenden Beliebtheit, gibt sie doch ganz ohne alle Rechnung sofort ein anschauliches Bild von dem ganzen Verhalten des Transformators. Man übersieht z. B. sofort, daß der Primärstrom i_1 gleich dem nach außen abgegebenen Belastungstrom $-i_2$ vermehrt um den „Magnetisierungsstrom“ $i_m = i_1 - (-i_2)$ durch M ist und daß der Spannungsabfall im Transformator $u_1 - u_2$ durch die Summe der Spannungsabfälle des Stromes i_1 in R_1 und der „Streuinduktivität“ S_1 vermehrt um den Spannungsabfall des Stromes i_2 in R_2 und S_2 bedingt ist.

Abb. 4.

Die Gl. (12) haben so, wie sie sind, nur einen Schönheitsfehler, daß nämlich bei fester Kopplung k und großem Unterschied in den Induktivitäten L_1 und L_2 (d. h. in den Windungszahlen w_1 und w_2) entweder S_1 oder S_2 negativ wird. Ist z. B. $L_2 = 25\,L_1$, so wird $M = 5\,k\,L_1$ und $S_1 = L_1 - M = L_1\,(1 - 5\,k)$ negativ, falls $k > 1/5 = 20\,\%$ ist. Die Gl. (12) werden dadurch durchaus nicht falsch. Die nahezu 5fache Spannungserhöhung von u_1 auf u_2 kommt gewissermaßen durch eine Art Resonanz zwischen dem negativen S_1 und dem positiven M zustande. Aber es ist für Ingenieure äußerst wichtig, wenn sich mit den abstrakten mathematischen Formelzeichen auch konkrete physikalische Vorstellungen verbinden lassen, selbst wenn diese nicht ganz eindeutig sind. Unter einer „negativen Streuinduktivität“ kann man sich aber nichts vorstellen, und der Begriff „Resonanz“ führt hier vollends auf ganz falsche Gedankengänge. Die Ingenieure haben sich daher so geholfen, daß sie mit den „reduzierten Größen“ rechnen. Man führt einen neuen Spannungsmaßstab $u_2' = \ddot{u} \cdot u_2$ ein, ebenso einen neuen Strommaßstab $i_2' = 1/\ddot{u} \cdot i_2$, der so gewählt ist, daß die Leistung $u_2 i_2 = u_2' i_2'$ nicht umgerechnet zu werden braucht. Damit die neuen Werte formal die Gl. (1) erfüllen, muß man weiter setzen

$$M' i_2' = M i_2$$

also
$$M' = \ddot{u} M, \quad (15)$$

ebenso
$$R_2' = \ddot{u}^2 R_2, \quad L_2' = \ddot{u}^2 L_2.$$

Dann gilt wieder

$$\left.\begin{aligned} u_1 &= R_1 i_1 + L_1 \frac{\mathrm{d}i_1}{\mathrm{d}t} + M' \frac{\mathrm{d}i_2'}{\mathrm{d}t} \\ u_2' &= R_2' i_2' + L_2' \frac{\mathrm{d}i_2'}{\mathrm{d}t} + M' \frac{\mathrm{d}i_1}{\mathrm{d}t}, \end{aligned}\right\} \quad (16)$$

und die Gl. (12) der Ersatzschaltung Abb. 4 gehen über in

$$\left.\begin{aligned} u_1 &= R_1 i_1 + S_1' \frac{\mathrm{d}i_1}{\mathrm{d}t} + M' \frac{\mathrm{d}(i_1+i_2')}{\mathrm{d}t} \\ u_2' &= R_2' i_2' + S_2' \frac{\mathrm{d}i_2'}{\mathrm{d}t} + M' \frac{\mathrm{d}(i_1+i_2')}{\mathrm{d}t}, \end{aligned}\right\} \quad (17)$$

wobei

$$S_1' = L_1 - M' = L_1 - \ddot{u} M$$
$$S_2' = L_2' - M' = \ddot{u}^2 L_2 - \ddot{u} M.$$

Es bleibt

$$k^2 = \frac{M^2}{L_1 L_2} = \frac{M'^2}{L_1 L_2'}. \quad (18)$$

Die Maßstabänderung, das Übersetzungsverhältnis $\ddot{u}$, kann hierbei an sich ganz beliebig groß gewählt werden. Man besitzt in ihm also eine willkürliche Größe, durch deren Wahl man irgendeine willkürliche Bedingung erfüllen kann. Aus Gl. (18) folgt der Satz:

Je größer das Übersetzungsverhältnis $\ddot{u}$ gewählt wird, desto kleiner wird die primäre Streuung S_1 und desto größer die sekundäre Streuung S_2'. (19)

Setzt man $\ddot{u} = L_1/M$ (das ist das Spannungsverhältnis u_1/u_2 bei Leerlauf unter Vernachlässigung der ohmschen Spannungsabfälle in R_1 und R_2), so macht man dadurch die primäre Streuung $S_1' = 0$, während $S_2' = L_1 \left(\frac{1-k^2}{k^2}\right)$ wird. Setzt man dagegen $\ddot{u} = M/L_2$ (das ist das entsprechende Stromverhältnis i_2/i_1 bei Kurzschluß), so wird die sekundäre Streuung $S_2' = 0$, während $S_1' = L_1 (1 - k^2)$ wird. Innerhalb dieser beiden Grenzen muß man $\ddot{u}$ annehmen, wenn sowohl S_1' als auch S_2' positiv bleiben sollen. Bei sehr fester Kopplung ($k \approx 1$) fallen beide Grenzen nahezu zusammen; dann sind ja auch beide Streuinduktivitäten S_1' und S_2' nahezu Null. Bei loser Kopplung rücken die Grenzen aber auseinander, und für $k = 1/2$ kann man $\ddot{u}$ schon im Verhältnis $1 : k^2 = 1 : 4$ ändern, ohne daß eine Streuinduktivität negativ wird.

Setzt man $\ddot{u} = \sqrt{L_1/L_2}$, so wird $L_2' = L_1$ und $S_1' = S_2' = L_1(1-k)$; der Vierpol wird in bezug auf die Streuinduktivitäten symmetrisch. Bei sinusförmigen Wechselströmen könnte man durch ein komplexes, mit einer Phasenverschiebung behaftetes $\ddot{u}$ noch irgendeine weitere Bedingung erfüllen, z. B. außer S_2' auch R_2' zu Null machen, oder aber mit

$$\ddot{u} = \sqrt{\frac{R_1 + j\,\omega\,L_1}{R_2 + j\,\omega\,L_2}}$$

$R_2' = R_1$ und $S_2' = S_1$ machen. Dann erhielte man als Ersatzschaltung einen vollständig symmetrischen Vierpol, was für manche Schwachstromrechnungen von Vorteil sein kann. Im allgemeinen und besonders in der Starkstromtechnik wäre aber ein solches komplexes Übersetzungsverhältnis sehr unzweckmäßig, weil bei einer solchen Maßstabänderung auch die Phasen von u_2 und i_2 gedreht werden müßten, u. zw. im entgegengesetzten Sinne. Es würde also der Phasenwinkel φ_2' zwischen u_2' und i_2' ein anderer werden als zwischen u_2 und i_2 und damit auch die Leistung $u_2' \, i_2' \cos \varphi_2'$ nicht mehr der tatsächlichen Leistung $u_2 \, i_2 \cos \varphi_2$ entsprechen. Dadurch würde zwar die Umrechnung nicht falsch, aber sie würde ein vollständig verzerrtes Bild von den tatsächlichen Verhältnissen geben, mit dem der Starkstromtechniker nichts anfangen kann.

Setzt man $\ddot{u} = w_1/w_2$, so reduziert man die sekundäre Windungszahl auf die primäre. Es wird $w_2\, i_2 = w_1\, i_2'$ und

$$w_1\, i_1 + w_2\, i_2 = w_1\,(i_1 + i_2') = w_1\, i_m\,; \qquad (20)$$

i_m ist der Magnetisierungsstrom, das ist in der Ersatzschaltung gemäß Abb. 4 der Strom im Brückenweg M. Aus Gl. (1a) folgt dann:

$$\frac{\Phi_0}{w_1\, i_m} = \frac{M'}{w_1^2}\,, \quad \frac{\Phi_{S_1}}{w_1\, i_1} = \frac{S_1'}{w_1^2}\,, \quad \frac{\Phi_{S_2}}{w_2\, i_2} = \frac{S_2'}{w_1^2}\,. \qquad (21)$$

In Analogie zu den Gl. (7) folgt hieraus, daß M' die Selbstinduktion einer Spule darstellt, die, vom Magnetisierungsstrom i_m durchflossen, gerade den Kraftfluß Φ_0 erzeugen würde, ebenso S_1' und S_2' die Selbstinduktion von Spulen, die, von den Strömen i_1 bzw. i_2' durchflossen, gerade die Streukraftflüsse Φ_{S_1} und Φ_{S_2} erzeugen würden. Daraus ergibt sich, daß

die Darstellung B) mit dem „gemeinsamen Kraftfluß“ Φ_0 und den „Streukraftflüssen Φ_{S_1} und Φ_{S_2} identisch ist mit der Ersatzschaltung C), wenn man bei dieser ein Übersetzungsverhältnis $\ddot{u} = w_1/w_2$ ansetzt. (22)

Bei der Wahl eines anderen Übersetzungsverhältnisses trifft das nicht mehr zu. Liegt w_1/w_2 nicht zwischen L_1/M und M/L_2, so wird bei der Darstellung B) ein Streukraftfluß negativ. Man täte dann besser, ein anderes Übersetzungsverhältnis zugrunde zu legen, d. h. nicht die gesamten tatsächlich vorhandenen Windungen w_1 und w_2 in Rechnung zu setzen (vgl. die obigen Ausführungen zu Abb. 3).

Man kann bekanntlich in der Ersatzschaltung auch die Eisenverluste des Kraftflusses Φ_0 durch einen kleinen Widerstand in Reihe oder besser durch einen großen Widerstand R_e parallel zu M darstellen. Die durch Wirbelströme verursachten Eisenverluste entstehen ja gewissermaßen in einer weiteren Transformatorwicklung, d. h. M' müßte seinerseits als Transformator dargestellt werden, der sekundär durch einen ohmschen Widerstand R_e belastet ist (Abb. 5a). Vernachlässigt man die bei Wirbelströmen

Abb. 5.

Abb. 6.

meist sehr kleine Streuung, so besteht die Ersatzschaltung dieses Transformators in der Induktivität M' mit einem parallel liegenden ohmschen Widerstand R_e (Abb. 5b). Diese Parallelschaltung gibt auch das Anwachsen der Eisenverluste mit der Frequenz gut wieder, ein Punkt, der besonders für Schwachstromtransformatoren von Bedeutung ist.

D) Vergleich der drei Darstellungsarten.

Die Darstellung A) ist nur bei Lufttransformatoren, insbesondere bei den meist lose gekoppelten Kreisen der Hochfrequenztechnik zweckmäßig. Die Größen L_1, L_2 und M sind dort durch bekannte Meßschaltungen leicht und genau zu bestimmen und sind auch tatsächlich konstant. Dagegen ist die Darstellung A) bei Transformatoren mit Eisen, insbesondere solchen der Starkstromtechnik, unzweckmäßig. Die Größen L_1, L_2 und M sind dort nicht konstant, sondern stark von den Betriebsbedingungen abhängig. Auch geben sie keinen Anhaltspunkt über den tatsächlichen Kraftfluß im Eisen, von dem z. B. die Sättigung und die Eisenverluste abhängen.

Hier ist die Darstellung B) am Platze. Die ganze Berechnung und Konstruktion der Starkstromtransformatoren beruht ja auf den Windungszahlen w_1 und w_2 und dem gemeinsamen Kraftfluß Φ_0. Das gilt auch für Schwachstromtransformatoren mit geschlossenem Eisenkern. In einfachen Fällen lassen sich sogar die Streukraftflüsse Φ_{S_1} und Φ_{S_2} vorausberechnen. Die Darstellung B) versagt aber, wenn ein fertiger Transformator vorhanden ist, dessen Windungszahlen w_1 und w_2 nicht bekannt sind, wenn man also allein auf elektrische Messungen angewiesen ist. Aus dem unter C) abgeleiteten Satz (19) folgt nämlich:

Bei einem Transformator mit merklicher Streuung läßt sich durch beliebige elektrische und magnetische Messungen auf keine Weise feststellen, wie groß sein Übersetzungsverhältnis $\ddot{u}$ ist, noch wie weit sich die Streuung auf die Primär- und Sekundärseite verteilt. (23)

Aus allen Messungen ergeben sich immer nur die L_1, L_2 und M entsprechenden Größen, aus denen sich kein eindeutiges Übersetzungsverhältnis herleiten läßt. In anormalen Fällen können die Windungszahlen und damit die Darstellung B) überhaupt jeden physikalischen Sinn verlieren.

Die Ersatzschaltung C) ist, wie oben gesagt, mit der Darstellung B) identisch, wenn man für das an sich willkürliche Übersetzungsverhältnis $\ddot{u} = w_1/w_2$ wählt. Sie ist dann nur eine schaltungstechnische Darstellung der verschiedenen Kraftflüsse, die wegen ihrer großen Einfachheit und Übersichtlichkeit auch in der Starkstromtechnik viel mehr als bisher angewendet werden sollte. Auch die verschiedenen für Meßwandler vorgeschlagenen Konstruktionsdiagramme beruhen auf dieser Ersatzschaltung, und es ist bedauerlich, daß die Autoren diese Schaltung selbst häufig nicht angeben. Sie könnten sich dann meist viele Worte sparen. Man sieht z. B. ohne weiteres, daß beim Stromwandler die primäre Streuung auf die Meßgenauigkeit keinen Einfluß hat, da sie gewissermaßen nur als Vorschaltwiderstand wirkt. Da man aber durch Ändern des rechnerischen Übersetzungsverhältnisses $\ddot{u}$ die sekundäre Streuung beseitigen kann, so folgt, daß die Streuung an sich nur wie eine etwas andere Übersetzung wirkt, also ohne Schaden ziemlich groß sein kann, wenn man der Eichung diese andere Übersetzung zugrunde legt.

Die Ersatzschaltung C) ist aber auch für den Lufttransformator gut geeignet. In der Hochfrequenztechnik spielt z. B. der Resonanztransformator, d. h. der kapazitiv

belastete Transformator, eine große Rolle. Aus der Ersatzschaltung Abb. 6, bei der $ü$ so gewählt wird, daß $S_1' = 0$ wird, erkennt man ohne weiteres, daß erstens eine Reihenresonanz zwischen C_2' und S_2' eintreten kann, bei der also im allgemeinen die Sekundärspannung über dem Kondensator größer als die Sekundärspannung bei Leerlauf wird, und daß zweitens eine Parallelresonanz zwischen C_2' (in Reihe mit S_2') und M' eintreten kann, bei der nur der Primärstrom kleiner wird als bei Leerlauf, konstante Primärspannung vorausgesetzt. Man erkennt, wie sich auch diese Fälle ohne alle Rechnung an Hand der Ersatzschaltung sofort übersehen lassen.

Die Brenndauer von Erdschluß-Lichtbögen in gelöschten Netzen.

(Mitteilung aus der Abteilung Hochspannung der Siemens-Schuckertwerke AG.)

Von **Gerhart Meyer**, Berlin.

Übersicht. Es wird über Betriebsversuche berichtet, die zur Ermittlung der Brenndauer von Erdschluß-Lichtbögen in gelöschten Netzen mit einer Spannung von 5 ... 100 kV vorgenommen wurden. Es zeigt sich, daß die Brenndauer der Lichtbögen von der Betriebspannung und der relativen Abstimmschärfe unabhängig ist; maßgebend ist vielmehr der Absolutwert des Reststromes in der Fehlerstelle. Die Grenze der Löschfähigkeit scheint bei einem Reststrom zwischen 30 und 40 A zu liegen.

Zur Unterdrückung von Erdschluß-Lichtbögen in Hochspannungsnetzen verwendet man Erdschlußlöscher, welche den kapazitiven Erdschlußstrom des Netzes vom Fehlerort absaugen und dem Lichtbogen auf diese Weise die zu seiner Aufrechterhaltung erforderliche Stromstärke entziehen, so daß er verlöschen muß.

I_L Löscherstrom U Spannung des schadhaften Poles gegen Erde
U_0 Sternpunktspannung I_R Erdschluß-Reststrom

Abb. 1. Schaltung bei den Erdschlußversuchen.

Wenn man von Kompensierung des Erdschlußstromes spricht, so setzt man meist stillschweigend voraus, daß der Löscher auf die Netzkapazität abgestimmt ist, d. h. daß der induktive Widerstand des Löschers gleich dem kapazitiven Widerstand des Netzes gegen Erde ist, so daß beide einen vollkommenen Sperrkreis bilden. In der Praxis wird dieser Zustand jedoch in den seltensten Fällen vorhanden sein, denn die Löscher werden mit nur verhältnismäßig wenigen Stufen versehen, während die Netzkapazität, welche von den einzelnen Netzleitungen gebildet wird, sehr viel mehr Werte annehmen kann, je nachdem, welche von den — besonders in Mittelspannungsnetzen — zahlreichen Leitungstrecken zu- oder abgeschaltet werden. Man wird daher in der Mehrzahl der Fälle den induktiven Löscherstrom nicht g e n a u gleich, sondern nur a n n ä h e r n d gleich dem kapazitiven Erdschlußstrom machen können, so daß noch ein kapazitiver oder induktiver Reststrom über die Erdschlußstelle fließen muß.

Es kommt hinzu, daß jedes Netz Ableitungswiderstände besitzt und daß der Löscherstrom sowie der Erdschlußstrom in den Leitungen, Löscherwicklungen, Erdungen usw. Verluste hervorrufen, welche eine Wirkkomponente im Erdschlußstrom zur Folge haben; diese ist in Phase mit der Erdschlußspannung und kann daher von den induktiven Löschern nicht kompensiert werden. Ferner fließen auch, wenn die Sternspannung des Netzes von der Sinusform abweicht, wie es fast stets der Fall ist, die Oberwellen des kapazitiven Erdschlußstromes über die Fehlerstelle, da die Löscher nur die Grundwelle des Erdschlußstromes kompensieren.

Sieht man davon ab, die Wirkkomponente des Erdschlußstromes und die Oberwellen durch zusätzliche Einrichtungen zu kompensieren, so muß also auch bei guter Abstimmung der Löscher auf das Netz noch ein Strom über die Fehlerstelle fließen, welcher sich aus dem infolge der Löscherstufung nicht kompensierbaren Blindstrom, dem Wirkstrom und aus Strömen höherer Frequenz zusammensetzt. Es entsteht daher die Frage, wie groß der nicht kompensierte Strom werden darf, ohne daß die Löschung der Erdschluß-Lichtbögen beeinträchtigt wird, oder genauer definiert, wie groß die B r e n n d a u e r d e r E r d s c h l u ß - L i c h t - b ö g e n in Abhängigkeit von der Größe des Reststromes ist, denn letztere ist ein Maß für die Güte der Löschung.

Zur Klärung dieser Verhältnisse wurden auf Anregung von R. R ü d e n b e r g umfangreiche Betriebsversuche von den Siemens-Schuckertwerken an einer Reihe von Netzen

Abb. 2. Brenndauer der Erdschluß-Lichtbögen in Abhängigkeit vom Reststrom.

gemacht, deren Spannung zwischen 5 und 100 kV lag. Die Kompensierung der Netze erfolgte dabei durch Löschtransformatoren nach B a u c h. Das Schaltbild der Versuchsanordnung zeigt Abb. 1. Die Einleitung der Erdschluß-Lichtbögen erfolgte dadurch, daß ein Stützisolator oder eine Hängekette, wie sie in dem betreffenden Netz zur Verwendung kommen, durch einen haarfeinen Kupferdraht oder durch einen kurzen angesäuerten Wollfaden mit angehängtem Eisenkettchen nach Erde überbrückt wurde. Nach Einschalten des Schalters brannte der Kupferdraht bzw. der Wollfaden durch und leitete auf diese Weise den Erdschluß-Lichtbogen ein[1]. Soweit es möglich war, wurde bei den Versuchen ein Windschutz aufgestellt, um den Einfluß des Windes tunlichst auszuscheiden.

Vorrichtungen zur Kompensierung des Wirkstromes und der Oberwellen waren in k e i n e m Falle vorhanden, so daß der Fehlerstrom den Wirkstrom, die Oberwellenströme und je nach dem Kompensationsgrad Blindstrom enthielt. Bei vollkommener Abstimmung der Löscher auf Blindstrom enthielt der Fehlerstrom also immer noch den Wirkstrom und die Oberwellenströme.

Bei den Messungen interessierten in erster Linie folgende Größen:

1. die Spannung des Netzsternpunktes gegen Erde,
2. der Löscherstrom,
3. die Spannung des schadhaften Poles gegen Erde,
4. der Erdschluß-Reststrom.

[1] Über den Unterschied der Zündarten vgl. R. B a u c h, ETZ 1921, S. 618.

Da nur drei Oszillographenschleifen zur Verfügung standen, konnten gleichzeitig nur drei Größen oszillographiert werden.

Am wichtigsten von den vier Größen ist der Verlauf des über die Fehlerstelle fließenden Erdschluß-Reststromes. Dieser Strom ist vor und nach dem Erdschluß gleich Null; infolgedessen darf man diejenige Zeit, während welcher ein Strom über die Fehlerstelle fließt, als Brenndauer des Erdschluß-Lichtbogens definieren. Auf Grund dieser Definition wurden sämtliche zahlenmäßig angegebenen Brennzeiten aus Oszillogrammen ermittelt. Dabei wurden die bei Verwendung eines angesäuerten Fadens auftretenden Zündperioden nicht mitgerechnet, weil während dieser nur ein Strom geringer Stärke entsprechend der Leitfähigkeit des Fadens nach Erde fließt, ein Lichtbogen jedoch noch nicht zur Entwicklung gekommen ist. Auf dem Oszillogramm Abb. 9 ist dieser Zündvorgang deutlich zu erkennen. Es dauerte in diesem Falle nicht ganz eine Periode, bis der Lichtbogen zustande kam.

In Abb. 2 sind die bei den verschiedenen Versuchen ermittelten Brennzeiten der Lichtbögen in Abhängigkeit vom Reststrom aufgetragen. Es war nicht immer möglich, eine Trennung des resultierenden Reststromes in Wirk- und Blindkomponente vorzunehmen. Die Bezeichnungen „kapazitiver Reststrom“ und „induktiver Reststrom“ sind daher so aufzufassen, daß der Reststrom eine Blindkomponente mit wesentlich kapazitivem oder induktivem Charakter besitzt, daß außerdem aber noch eine Wirkkomponente vorhanden ist. Nur die Punkte, welche auf der Ordinatenachse selbst aufgetragen sind, haben vollkommen ausgeglichenen Blindstrom. Zur Kennzeichnung der verschiedenen Netzspannnungen wurden für die einzelnen Versuchspunkte unterschiedliche Zeichen gewählt.

Bei der starken Verschiedenheit der zahlreichen untersuchten Netze und ihrer Löschbedingungen ist es nicht zu erwarten, daß alle Versuchsergebnisse auf einer glatten Kurve liegen, die durch die Eigenschaften des Lichtbogens gegeben ist. Es läßt sich aber das Gebiet durch eine parabelförmige Kurve in zwei Teile teilen derart, daß die große Mehrzahl der Meßpunkte unterhalb der Trennkurve zu finden ist. Dadurch erhält man eine Grenze für die Löschdauer, abhängig von der Erdschluß-Reststromstärke, die im allgemeinen nicht überschritten wird.

Wie die Kurve der Abb. 2 zeigt, wächst die maximale Brenndauer der Erdschluß-Lichtbögen von einem Kleinstwert von 0,2 s an etwa mit dem Quadrat des Erdschluß-Reststromes. Für die Abhängigkeit dieser Lichtbogen-Brenndauer von der Größe des Reststromes läßt sich an Hand der Kurve daher folgende Tafel aufstellen:

Zahlentafel 1.

Reststrom A	Brenndauer unterhalb s
5	0,3
10	0,5
20	1,5
30	3

Diese Zahlen beziehen sich ebenso wie alle Messungen auf Netzfrequenzen von 50 Hz.

Die Zahlen stellen Maximalwerte dar, während eine Reihe von Umständen, wie Wind, Löschwirkung durch enge Kanäle usw. eine erhebliche Verringerung der Brenndauer ergibt. Bei sehr genauer Abstimmung der Löschtransformatoren auf das Netz wurden Brenndauern bis zu $^1/_{100}$ s herab entsprechend einer halben Periode der Netzfrequenz gefunden. Die Grenze der Löschfähigkeit scheint bei einem Reststrom zwischen 30 und 40 A zu liegen, denn hier erfolgt die Löschung nicht mehr mit Sicherheit in kurzer Zeit.

Abb. 3. Ungelöschter Erdschluß-Lichtbogen in einem 60 kV-Netz; Stromstärke 36,5 A.

Abb. 4. Erdschluß-Lichtbogen im gleichen gelöschten 60 kV-Netz; Reststrom 7,5 A.

Abb. 5. Erdschluß-Lichtbogen im gleichen gelöschten 60 kV-Netz; Reststrom 26 A.

Ein Einfluß der Betriebspannung auf die Brenndauer ist auf Grund dieser Meßpunkte nicht nachweisbar. Ebenso gelang es nicht, die Meßpunkte durch Auftragen in Abhängigkeit von der relativen Abstimmschärfe sinnvoll zu ordnen. Die Genauigkeit der Abstimmung in Prozent ist also kein direktes Maß für die Löschgüte, da sie bei großen oder kleinen Netzen sehr verschiedenartige Ergebnisse haben kann. Als maßgebend stellt sich vielmehr nach Abb. 2 nur der Absolutwert des Reststromes im Erdschluß-Lichtbogen heraus, u. zw. zeigt sich, das die Löschung bei kapazitiven oder induktiven Restströmen gleich gut ist. Dies ist für den praktischen Betrieb sehr vorteilhaft, weil man die Stufung der Löscher relativ grob vorsehen darf, ohne sich darum kümmern zu müssen, ob jeweils gerade Unter- oder Überkompensierung vorliegt.

Strom an der Erdschlußstelle t~0,32 s

Sternpunktverlagerung in System „Braun“ Spannung des defekten Poles gegen Erde

Abb. 6. Oszillogramm des Lichtbogen-Erdschlusses nach Abb. 5 im 60 kV-Netz.

Ein grundsätzlicher Unterschied besteht bei gleichem Strom an der Fehlerstelle zwischen dem Verhalten von Erdschluß-Lichtbögen in ungelöschten und gelöschten Netzen. Würde man in ungelöschten Netzen Erdschluß-Lichtbögen erzeugen, welche Stromstärken von der Größenordnung der obengenannten Restströme führen, so würde man keine Löschung erhalten; denn die Grenze der Löschfähigkeit von Erdschluß-Lichtbögen liegt für ungelöschte Netze bei einer Stromstärke von etwa 5 A. So verlöschte

in einem ungelöschten 30 kV-Netz mit 6 A Erdschlußstrom der Erdschluß-Lichtbogen bei vier untersuchten Fällen nur in einem Falle in sehr kurzer Zeit, in einem zweiten Falle nur unter Einwirkung des Windes und in dem

Abb. 7. Erdschluß-Lichtbogen in einem ungelöschten 100 kV-Netz bei einem Erdschlußstrom von 60 A.

dritten und vierten Falle überhaupt nicht. Dagegen wurde z. B. in einem 10 kV-Netz mit einem gesamten Erdschlußstrom von 43 A ein Erdschluß-Lichtbogen einwandfrei gelöscht, obwohl der Löschtransformator nur auf eine Strom-

Abb. 8. Erdschluß-Lichtbogen im gleichen 100 kV-Netz wie in Abb. 7 bei Löschung; Reststrom 7 A ind.

stärke von 12 A eingestellt war, der Restblindstrom an der Fehlerstelle also 31 A betrug. Dieses Versuchsergebnis konnte als Meßpunkt in Abb. 2 nicht herangezogen werden, da keine oszillographische Aufnahme gemacht war und infolgedessen die genaue Brenndauer des Lichtbogens unbekannt ist.

Im folgenden seien einige Photographien und Oszillogramme von Lichtbogen-Erdschlüssen wiedergegeben, aus denen die vorgenannten Ergebnisse gewonnen wurden.

Abb. 3 zeigt einen ungelöschten Erdschluß-Lichtbogen in einem 60 kV-Netz, welcher einen Strom von 36,5 A führt. Der Lichtbogen verlöschte nicht von selbst, sondern mußte abgeschaltet werden. Ein solcher Lichtbogen würde auf einer Freileitung sehr bald zu einem zwei- oder dreipoligen Kurzschluß führen. Abb. 4 zeigt dagegen, wie verschwindend klein ein Erdschluß-Lichtbogen in dem gleichen Netz ist, wenn der Erdschlußstrom fast vollkommen kompensiert wird. Die Größe des Erdschlußstromes betrug hier 45 A. Der Löscher war so gut wie möglich abgestimmt, so daß der Reststrom von 7,5 A in erster Linie aus Wirkstrom bestand. Abb. 5 zeigt einen dritten Erdschluß-Lichtbogen in dem gleichen 60 kV-Netz, wobei der Löschtransformator so weit verstimmt war, daß der Reststrom (Wirkstrom und induktiver Blindstrom) rd. 26 A betrug. Auch dieser Lichtbogen ist immer noch so klein, daß er auf der Freileitung wohl keinen Doppelerdschluß einleiten würde. Abb. 6 zeigt das zum letztgenannten Versuch gehörige Oszillogramm. Man erkennt, daß der Lichtbogen während 16 Perioden, also 0,32 s, brannte. Durch den Erdschluß wurde in dem mit der Versuchsleitung kapazitiv gekoppelten Leitungssystem „Braun“ eine Spannungsverlagerung hervorgerufen, welche mit der dritten Schleife aufgenommen wurde und 10 % betrug.

Die beiden Abb. 7 und 8 zeigen Erdschluß-Lichtbögen in einem mittelgroßen 100 kV-Netz, u. zw. stellt Abb. 7 einen Lichtbogen im ungelöschten 100 kV-Netz dar, das nur zur Hälfte eingeschaltet war und einen Erdschlußstrom von 60 A besaß. Der Lichtbogen mußte abgeschaltet werden, da er nicht von selbst verlöschte. Aus Abb. 8 geht wieder hervor, wie gering die Lichtbogenbildung ist, wenn der Löscher eingeschaltet ist. Letzterer war auf 67 A eingestellt, während der Erdschlußstrom wieder 60 A betrug, so daß ein induktiver Reststrom von 7 A vorhanden war.

a Strom an der Erdschlußstelle b Sternpunktspannung
c Löscherstrom

Abb. 9. Oszillogramm eines Lichtbogen-Erdschlusses in einem gelöschten 100 kV-Netz bei 12 A Reststrom.

In Abb. 9 ist ein Oszillogramm eines anderen Lichtbogenversuchs in dem gleichen 100 kV-Netz wiedergegeben. Es zeigt den Strom an der Erdschlußstelle, die Sternpunktspannung des Netzes und den Löscherstrom. Der Erdschluß-Lichtbogen verlöschte nach 3½ Perioden oder 0,07 s. Sternpunktspannung und Löscherstrom klingen nach dem Abreißen des Lichtbogens allmählich ab. Der Erdschlußstrom des voll eingeschalteten Netzes von 114 A war dabei kompensiert durch einen Löscherstrom von 102 A, so daß ein kapazitiver Erdschluß-Reststrom von 12 A vorhanden war.

Bei sämtlichen photographischen Aufnahmen wurde das Objektiv des Apparates vor dem Einschalten des Erdschlusses geöffnet und erst nach dem Verlöschen des Lichtbogens geschlossen. Es handelt sich also um Zeitaufnahmen. So ist es auch zu erklären, daß auf der Lichtbogenaufnahme in Abb. 4 neben dem Lichtbogen noch der weiße Wollfaden zu sehen ist.

Die in den Abb. 3, 4, 5, 7 und 8 dargestellten Lichtbögen wurden mittels eines angesäuerten Fadens eingeleitet. Abb. 10 zeigt ein Oszillogramm von einem Lichtbogen-Erdschluß in einem 30 kV-Netz, welcher durch ein Kupferdrähtchen eingeleitet wurde. Wie man sieht, fehlen hier die für die Wollfadenzündung charakteristischen Zündperioden. Der Erdschlußstrom des Netzes von 135 A war so gut wie möglich kompensiert, so daß der über die Erdschlußstelle fließende Reststrom von 14 A fast ausschließlich Wirkstrom war. Wie aus der Spannungskurve zu ersehen ist, setzte der Erdschluß ein, ehe die Spannung ihr Maximum erreicht hatte; infolgedessen ist im Löscherstrom ein — allerdings schnell abklingendes — Gleichstromglied vorhanden. Der Lichtbogen verlöschte nach 2,6 Perioden oder 0,052 s.

Wie man aus den obengenannten Zahlen ersieht, ist es bei Verwendung von Löschtransformatoren nicht erforderlich, daß die Löscher genau auf die Netzlänge abgestimmt werden. Es ist vielmehr zulässig, die Löscher in gewissen Grenzen zu verstimmen. Da nun die Löschfähigkeit von der absoluten Größe des Reststromes abhängt, so ist die zulässige, nicht kompensierte oder überkompensierte Leitungslänge abhängig von der Höhe der Betriebsspannung des Netzes. In Zahlentafel 2 ist angegeben, wieviel Kilometer Freileitung einem Blindreststrom von 20 A, also unter Zugrundelegung einer reichlichen Sicherheit für das Löschen, bei verschiedenen Spannungen entsprechen.

Zahlentafel 2.

Spannung kV	unkompensierte Freileitungslänge km
15	400
30	200
60	100
100	60
200	30

Man erkennt daraus, daß in Mittelspannungsnetzen eine erhebliche Leitungslänge zu- und abgeschaltet werden darf, ehe ein schädlicher unkompensierter Reststrom erreicht wird, sofern vor der Vornahme der Schaltungen die Abstimmung der Löschtransformatoren auf das Netz sehr gut war. War das Netz überkompensiert, dann darf entsprechend diesem induktiven Überschuß eine noch größere Leitungslänge zugeschaltet werden, als in Zahlentafel 2 angegeben wurde. Umgekehrt gilt das gleiche vom Abschalten von Netzteilen, sofern vorher eine Unterkompensation vorhanden war. Das ist besonders in Störungsfällen von Wichtigkeit, bei welchen größere Netzteile herausfallen. Aus den gleichen Gründen ist es auch nicht erforderlich, den Löschtransformatoren eine besonders feine Stufung zu geben; eine Stufung von 10 zu 10 A ist nach diesen Untersuchungen weit mehr als ausreichend. Dann wird bei guter Abstimmung der Blindstrom im ungünstigsten Falle einen Wert von 5 A annehmen; für diesen Reststrom liegt die Brenndauer meist weit unter 0,3 s.

Abb. 10. Oszillogramm eines Lichtbogen-Erdschlusses in einem gelöschten 30 kV-Netz bei 14 A Reststrom.

In Höchstspannungsnetzen dagegen hat das Zu- und Abschalten einer für derartige Netze geringfügigen Leitungslänge schon einen nennenswerten Reststrom zur Folge, so daß es zweckmäßig ist, in solchen Anlagen die Abstimmung der Erdschlußlöscher auf das Netz zu überwachen oder gar jedem Leitungsabschnitt einen eigenen Löschtransformator zuzuordnen. Die Überwachung muß nach den Zahlen der Zahlentafel 2 eine Genauigkeit von ± 60 km für 100 kV-Netze besitzen, was sich meistens mit relativ einfachen Apparaturen durchführen läßt.

Wirkungsgradmessungen an zwei Großgleichrichtern verschiedenen Fabrikates.

Von Dipl.-Ing. **H. Rollwagen**, Obering. beim Dampfkesselrevisions-Verein M.-Gladbach.

Übersicht. **Die direkte Wirkungsgradmessung an Gleichrichtern ist des zwischen 0,9 und 1,0 liegenden Wertes wegen ungenau, weshalb auch hier die Einzelverlustmessung sich empfiehlt. Es werden die Versuche an zwei sehr großen Gleichrichtern verschiedenen Fabrikates und verschiedener Transformatorschaltung wiedergegeben und gezeigt, wie auch hier sich die indirekte Wirkungsgradmessung durchführen läßt.**

Beim Vergleich zwischen rotierenden Umformern und Gleichrichtern und beim Garantienachweis der letzteren stößt man auf die Schwierigkeit, daß nach R. E. M./1930, § 54, Wirkungsgrade von über 90 % im Interesse der Meßgenauigkeit nicht durch direkte Messung ermittelt werden sollen. Als Ersatz hierfür wird vom Verband bei rotierenden Maschinen und Transformatoren die indirekte Messung empfohlen. Weniger bekannt ist diese Messung bei großen Gleichrichtern, deren Eigenwirkungsgrad bekanntlich ohne Transformator bei 220 V rd. 92 %, bei 1200 V rd. 98 % beträgt, während für den Transformator noch rd. 2 % Verluste entstehen. Hier ist die direkte Messung des Wirkungsgrades wegen der Meßfehler ebenfalls unzweckmäßig, um so mehr als die Welligkeit des Gleichstromes und die Abweichung des Wechselstromes von der Sinusform solche Meßfehler begünstigen.

Von den zwei zu untersuchenden Gleichrichtern hatte der eine, bestehend aus 3 Zylindern, die Nennleistung 550 V, 13 500 A, und zwar waren die Leitungen der 3 Zylinder gleich- und drehstromseitig ohne Schalter miteinander verbunden. Der andere Gleichrichter, bestehend aus einem Zylinder, hatte 1200 V, 800 A Nennleistung. Die 3 Zylinder des ersten Gleichrichters hatten je 12 Anoden, der Haupttransformator die Übersetzung 3 · 5390/4 · 6 · 629 V, 1090/935 A, Schaltung Dreieck/Vierfach-Sechsphasen-Stern mit vorgeschalteten Drosseln und Saugdrosseln. Zwischen Netz- und Haupttransformator liegt noch zwecks Spannungsregelung ein Regeltransformator in Sparschaltung. Der zweite Gleichrichter hatte 6 Anoden, der Transformator die Übersetzung 5000/6 · 975 V, 128/326 A, Schaltung Stern/Doppelzickzack.

Die Verluste im Gleichrichter selbst lassen sich nun dadurch ermitteln[1], daß derselbe als Kalorimeter betrachtet wird. Hierbei ist zu berücksichtigen, daß die Gesamtverluste des Gleichrichters bis auf 5 ... 10 % durch das Kühlwasser abgeführt werden. Letzterer Wert von 5 bis 10 % (Restglied) geht durch Wärmestrahlung der Oberfläche und durch Konvektion verloren, ein Fehler in der Annahme dieses Restgliedes beeinflußt das Endergebnis, d. h. den Wert für den gesuchten Wirkungsgrad, nicht erheblich. Es ist also nur nötig, die gesamte Kühlwassermenge zu messen und die Zulauf- und die Ablauftemperaturen t_e und t_a. Ist ein Wassermesser nicht vorhanden, so braucht nur nach den neuen VDI-Regeln 1930 über Durchflußmessungen mit Blenden eine solche an passender Stelle in der Kühlwasserleitung eingebaut und die Druckdifferenz vor und hinter der Blende in Millimeter Quecksilber ermittelt zu werden. Hinzuweisen ist dabei darauf, daß solche Blenden in jedem Betrieb leicht selbst hergestellt werden können. Wird die Wassermenge mit G [kg/h] ermittelt, das Restglied mit r eingesetzt, so sind die Gleichrichterverluste:

$$V_g = \frac{(1 + r)\, G\, (t_a - t_e)}{0{,}86} \text{ Watt.}$$

Da bis auf rd. 2 % der Verlust V_g im Lichtbogen entsteht, so kann nun sogar hieraus die Lichtbogenspannung angenähert berechnet werden zu

$$U_l = 0{,}98\, \frac{V_g}{I_g}\,.$$

Zur Ermittlung der Verluste im Transformator und den Zubehörteilen, wie Saugdrossel und evtl. Drosselspulen, ist Untersuchung dieser Teile im Prüfraum der Herstellerfirma nötig. Im ersten Falle konnten die entsprechenden Werte den Prüfprotokollen der Firma entnommen werden, im zweiten Fall wurden sie selbst aufgenommen. Ein Zusammenbau des Transformators mit

[1] BBC-Nachr. 1928, S. 85.

Zubehör mit dem Gleichrichter ist für diese Einzelverlustmessungen nicht erforderlich.

Die Prinzipschaltung der Transformatoren für die beiden untersuchten Gleichrichter zeigt Abb. 1. Es war also im ersten Fall vierfache Sechsphasenschaltung mit Stromteiler, im zweiten Fall Sechsphasenschaltung ohne Stromteiler vorhanden[2]. Damit sind die Verhältnisse zwischen Anodenstrom und Anodenspannung zu den entsprechenden Gleichstromwerten von Strom und Spannung wie folgt gegeben:

Zahlentafel 1.

	mit Stromteiler	ohne Stromteiler
$\frac{\text{Effektiver Anodenstrom}}{\text{Gleichstrommittel}} = x$	0,289	0,409
$\frac{\text{Effektive Phasenspannung}}{\text{Gleichspannungsmittel}} = y$	0,855	0,740

Abb. 1. Transformatorenschaltung der Gleichrichteranlagen.

Ist nun der Lichtbogenabfall gegeben durch U_l in Volt, so ist die effektive Anodenspannung

$$U_a = y\,(U_g + U_l)$$

und der Anodenstrom

$$I_a = x\,I_g.$$

Unter Berücksichtigung des Spannungsabfalls berechnet sich dann aus der Leerlaufübersetzung die Oberspannung.

Bei Ermittlung der Wicklungsverluste im Kurzschluß ist zu beachten, daß ungefähr richtige Wicklungsverluste erhalten werden, wenn bei normalem Oberstrom in der sechsphasigen Unterspannungswicklung nur jede zweite Phase kurzgeschlossen wird, also beim 1. Gleichrichter nur $u_1 v_1 w_1$, $u_3 v_3 w_3$, $u_5 v_5 w_5$, $u_7 v_7 w_7$. Es sei diese Art der Kurzschließung als „halber Kurzschluß" bezeichnet, der einmal mit der einen Hälfte, dann mit der andern Hälfte ausgeführt wird, wobei dann das Mittel der beiden Messungen der Verlustrechnung zugrunde gelegt wird. Diese Messung hatte z. B. beim 2. Gleichrichter folgendes Ergebnis bei kalter Wicklung von 26 °C in Stufe 1:

Zahlentafel 2.

Kurzschluß von	Messung in $U\,V\,W$ Strom A	Spannung V	Leistung W
$u_1 v_1 w_1$ ($u_2 v_2 w_2$ offen)	128	263,4	13 960 ⎫ Mittel
$u_2 v_2 w_2$ ($u_1 v_1 w_1$ offen)	128	224,8	14 180 ⎭ 14 070
$u_1 v_1 w_1$, $u_2 v_2 w_2$	128	209,2	13 800

Des Interesses halber sind in der 3. Zeile auch die Meßwerte für vollen Kurzschluß angeführt. Für 121 A Strom und 75 °C warme Wicklung berechnet sich dann die Kurzschlußleistung bei halbem Kurzschluß zu 15 000 W.

[2] Hierzu vgl. a. ETZ 1929, S. 1257 u. 1879.

Nach diesen Vorbemerkungen wird das Ergebnis der Messungen und Rechnungen in Zahlentafel 3 wiedergegeben:

Zahlentafel 3.

Gleichrichter Nr.		1	2
Gleichstrom	A	13 000	800
Gleichstromspannung	V	550	1 200
Anodenstrom (6phasig)	A	4 · 938	327
Anodenspannung	V	492	908
Hochspannungs-Drehstrom	A	1 075	121
	V	4 530	5 000
Haupttransformator-Eisenverluste	kW	25.7	6,08
Wicklungsverluste bei halbem Kurzschluß	kW	109	15,0
Verluste im Regeltransformator	kW	13,5	—
„ in der Saugdrossel	kW	5,4	—
„ in sonstigen Drosselspulen	kW	6,0	—
V_t = Gesamtverluste von Netz bis vor Gleichrichter	kW	159,6	21,1
Messung am Gleichrichter bei Gleichstrom	A	12 987	885
	V	527,7	1 202
Kühlwassermenge	kg/h	9 630	512
Temperatur an Einströmung t_e	°C	20,4	20,0
„ an Ausströmung t_a	°C	47,53	51,1
angenommenes Restglied r	%	6,5	10
V_g = Gleichrichterverluste	kW	323,7	20,4
Lichtbogenspannung U_l	V	24,4	22.6
V_g bei Normalstrom	kW	324	18,5
V_h = Verluste für Hilfsapparate, wie Vakuumpumpe, Erregertransformator, Kühlwasserpumpen, Heizspulen	kW	32,4	1,4
$V_t + V_g + V_h$	kW	516	41,0
dgl. in % der Gleichstromleistung	%	7,22	4,13
Gleichstromleistung W_g	kW	7 150	960
zuzuführen an Drehstrom W_d	kW	7 666	1 001
Wirkungsgrad $W_g : W_d$	%	93,26	95,9

Bei V_h ist zu beachten, daß bei Gleichrichter 1 Rückkühlung, bei 2 direkter Wasserleitungszufluß vorhanden war.

Um nun die Einzelverlustmessung mit der direkten Messung noch zu vergleichen, wurden beim ersten Gleichrichter drehstrom- und gleichstromseitig noch Präzisionsinstrumente eingebaut. Besonders hinzuweisen ist hierbei auf das eigens beschaffte 15 000 A-Gleichstromwehr mit 150 mV Abfall bei Nennstrom und auf das zugehörige hochohmige Millivoltmeter. Damit wurde erreicht, daß die Präzisionsinstrumente weitab von den hohen Strom führenden Gleichstromschienen angeordnet werden konnten, so daß sie frei von Beeinflussung waren. Wegen der vorhandenen geringen Belastungschwankungen des Betriebes wurden alle Instrumente gleichzeitig abgelesen. Bemerkt sei noch, daß laut Prüfschein die neuen Gleichstrominstrumente ohne wesentliche Korrektur waren, während die Wechselstrominstrumente nach den Messungen in einer amtlichen Eichstelle geprüft wurden, und daß die Eichung in den hier wiedergegebenen Zahlen berücksichtigt ist.

Das Ergebnis der direkten Messung gibt Zahlentafel 4 wieder.

Zahlentafel 4.

Meßpunkt Nr.		1	2	3	4	5	Mittel
Gleichstrom	A	13 120	12 480	13 260	13 380	12 860	13 020
	V	546	554	550	550	553	550,6
	kW	7 170	6 920	7 300	7 370	7 110	7 175
Drehstrom-Netzleistg.	a_1 . 34,35	85,1	80,1	84,5	85,1	83,3	—
	a_2 . 34,35	141,1	135,1	143,3	144,9	139,2	—
	kW	7 780	7 890	7 830	7 910	7 650	7 710
	V	5 160	5 180	5 170	5 160	5 160	5 166
	A	960	927	982	992	953	963
	cos φ	0,91	0,89	0,89	0,89	0,90	0,90
Wirkungsgrad	%	92,2	93,5	93,2	93,1	92,9	**93,0**

Dieser direkt gemessene Wirkungsgradwert enthält nicht den Verbrauch der Hilfsapparate, die getrennt gespeist wurden. Dies ist beim Vergleich mit der Einzelverlustmessung zu berücksichtigen. Diese letztere ergab ohne Hilfsapparate bei Versuchslast Gesamtverluste von 159,6 + 323,7 = 483,3 kW. Der hieraus sich ergebende Wirkungsgrad ist 7175 : 7658,3 = **93,7 %**. Berücksichtigt man, daß bei der Einzelverlustmessung die Verbindungsleitungen nicht erfaßt sind, so kann die Übereinstimmung als vorzüglich bezeichnet werden, denn in dem Unterschied von 0,7 % sind auch noch weitere zusätzliche Verluste enthalten. Damit ist gezeigt, daß die häufig überhaupt nicht durchführbare direkte Wirkungsgradmessung an Großgleichrichtern ebenso wie bei rotierenden Maschinen durch die genauere Einzelverlustmessung ersetzt werden kann.

Ist die VDE-Vorschrift für Transformatoren- und Schalteröle ausreichend?

Von Dr. **Typke**, Berlin.

Übersicht. Es werden die Unterschiede zwischen der VDE-Vorschrift und der Betriebsanweisung der Vereinigung der Elektrizitätswerke erörtert sowie Vergleichsergebnisse verschiedener Laboratorien bei der Bestimmung der Alterungsneigung nach Baader angegeben. Hinsichtlich der physikalischen Daten der Öle erscheint eine Vereinheitlichung schon jetzt möglich, bei der Prüfung auf Alterungsneigung erscheinen jedoch nach den erhaltenen Ergebnissen weitere Vorarbeiten unumgänglich.

Neben der — das letzte Mal 1927 redigierten — maßgeblichen VDE-Vorschrift ist 1930 eine Betriebsanweisung der Vereinigung der Elektrizitätswerke erschienen[1], die in verschiedenen Punkten davon abweicht. Die VdEW-Betriebsanweisung enthält neben den Eigenschaften neuer Öle eine Reihe von Angaben über die Beschaffenheit der Öle, die im gebrauchsfertigen Transformator oder Apparat angeliefert werden, sowie über im Gebrauche befindliche Öle, während die VDE-Vorschrift davon nur Mindest-Durchschlagfestigkeitswerte angibt. Hier sei zunächst eine Zusammenstellung der an neue Öle gestellten Anforderungen gegeben, u. zw. wird im allgemeinen die Reihenfolge, wie sie die VDE-Vorschrift enthält, eingehalten. Auf gebrauchte Öle wird in der vorliegenden Arbeit nicht eingegangen.

Tafel 1.

	VDE-Vorschrift	VdEW-Betriebsanweisung
Spez. Gewicht . .	unter 0,92, bei Freiluft-Transformatoren und Schaltern ohne besondere Heizvorrichtung unter 0,895 g/cm³	unter 0,920 g/cm³
Viskosität	unter 8° Engler / 20°	unter 8° Engler / 20°, 25/5° 35/0°, 50/—5°
Flammpunkt . . .	über 145° im Markusson-Apparat	über 145° im offenen Tiegel (Markusson-Apparat)
Stockpunkt	unter —15°, bei Freiluftschaltern ohne besondere Heizvorrichtung unter — 40°	Trübungspunkt unter —5°, sonst Angabe der Viskosität bei tiefer Temperatur
äußere Merkmale .	muß bei 20° vollkommen klar und praktisch frei von mechanischen Beimengungen sein	bei 20° in 10 cm Schicht klar und durchsichtig, frei von Ausscheidungen, festen Fremdstoffen und Ölruß, gebundenes Wasser unzulässig
Säure	frei von Mineralsäure, organische Säure unter 0,05 berechnet als Säurezahl	Reaktion neutral, es wird nur die Verseifungszahl ausgeführt, die unter 0,15 liegen muß
Asche	nicht über 0,01%	nicht über 0,010%
Verhalten gegen konzentr. Schwefelsäure	—	nicht über 8 Vol-% löslich
Normalbenzin-Unlösliches . . .	wird bei Prüfung auf Alterungsneigung mituntersucht	unzulässig
Prüfung auf Alterungsneigung .	Verteerungszahl unter 0,1%, im oxydierten Öl keine Ausscheidung oder benzinunlöslicher Schlamm, mit Kißlingscher Lauge keine Ausscheidungen	im Baader-Apparat keine Verseifungszahl über 0,30

Durchschlagfestigkeit: Es wird in beiden Vorschriften darauf hingewiesen, daß die Durchschlagfestigkeitswerte nur bei dem zum Einfüllen vorbereiteten Öl (über 125 kV/cm) sowie bei im Gebrauch befindlichen Öl geprüft werden, dagegen kein Qualitätsmerkmal für das angelieferte Öl sind.

Es sollen nun die einzelnen Punkte, in denen sich beide Arbeiten unterscheiden, kritisch durchgesprochen werden. — Beim spezifischen Gewicht ist die Fassung in der VDE-Vorschrift schärfer und erscheint auch glücklicher. In Freiluft-Transformatoren und -Schaltern ohne besondere Heizvorrichtung ist es entschieden notwendig, Öle zu verwenden, in denen etwa gebildetes Eis untersinkt. Wenn Eis an der Oberfläche oder im Öl schwimmt, können Überschläge eintreten. Die oberste Grenze des spez. Gewichts für Öl, in dem Eis noch mit Sicherheit untersinkt, ist 0,895 g/cm³. Bei der Viskosität ist die Grenze an sich beide Male die gleiche, jedoch ist in der VdEW-Betriebsanweisung außer der Viskosität bei 20 °C auch noch eine Grenze bei tiefen Temperaturen festgesetzt. Dies hat unstreitig Berechtigung, da besonders bei Schaltern Dünnflüssigkeit des Öles bei tiefen Temperaturen günstig ist. — Beim Flammpunkt ergibt sich ebenfalls kein Unterschied; in dem Buche „Die Ölbewirtschaftung" ist noch auf die neuen, von Dr. Heinrich Göckel und Sommer & Runge gebauten Flammpunktsprüfer hingewiesen; inzwischen ist dieser Flammpunktsprüfer wieder vom Deutschen Verband für die Materialprüfungen der Technik, Ausschuß 9, zugunsten des Markusson-Prüfers verlassen worden.

Beim Stockpunkt macht die VDE-Vorschrift einen Unterschied zwischen Ölen für sonstige Gebrauchszwecke und Ölen für Freiluftschalter ohne besondere Heizvorrichtung, die VdEW-Betriebsanweisung macht keinen Unterschied. In ihr ist übrigens nicht der Stockpunkt, sondern nur der Trübungspunkt angegeben; außerdem ist ja die Bestimmung der Viskosität bei niedrigen Temperaturen vorgeschrieben. Dem Verfasser erscheint es günstiger, den Stockpunkt anzugeben als den Trübungspunkt, ebenso für Öle für Freiluftschalter ohne besondere Heizvorrichtung einen niedrigeren Stockpunkt zu fordern; die Bestimmung der Viskosität bei niedriger Temperatur ist daneben, wie schon oben gesagt, sicher zur Beurteilung des Verhaltens des Öles in der Kälte vorteilhaft.

In den äußeren Merkmalen besteht zwischen den beiden Bestimmungen kein nennenswerter Unterschied. Die VdEW-Betriebsanweisung enthält über die VDE-Vorschrift hinaus den Zusatz: Gebundenes Wasser unzulässig. Das dürfte wohl bei neuem Öl ziemlich ausgeschlossen sein. Besser erschiene es dem Verfasser, wenn die Vorschriften nicht mehr als eine gewisse Gesamtmenge mitgelieferten Wassers zuließen, die AEG schreibt vor: nicht über 0,05 %.

Bei dem Gehalt an organischen Säuren fordert der VDE eine Säurezahl unter 0,05; die VdEW führt keine Säurezahl, sondern die Verseifungszahl aus, die unter 0,15 liegen soll. Es ist zweifelhaft, ob die Verseifungszahl so viel Vorteile bietet, daß es gerechtfertigt ist, sie an Stelle der sehr einfach zu bestimmenden Säurezahl zu setzen.

Der zulässige Aschengehalt ist bei beiden Bestimmungen gleich. — Das Verhalten des Öles gegen konzentrierte Schwefelsäure wird in der VdEW-Betriebsanweisung geprüft, in der VDE-Vorschrift nicht. Gegen den angegebenen Zahlenwert ist an sich nichts einzuwenden, welcher Wert freilich der Prüfung überhaupt beizumessen ist, läßt sich mangels genügend umfangreichen Erfahrungsmaterials bisher nicht eindeutig beurteilen.

Das Normalbenzin-Unlösliche wird laut VdEW-Bestimmung im unoxydierten Öl geprüft; die VDE-Vorschrift ist darin schärfer, indem sie Freiheit von Normalbenzin-Unlöslichem in dem der Verteerungszahloxydation ausgesetzten Öl fordert.

Hinsichtlich all dieser Punkte erscheint es durchaus möglich, zu einer Einigung betreffs einheitlicher Prüfvorschriften zu kommen, da die vorhandenen Unterschiede der Vorschriften — vielleicht abgesehen von der Bestimmung der in Schwefelsäure löslichen Bestandteile, aber auch da nur sehr bedingt — keine verschiedene Beschaffenheit der Öle bedingen. Im Gegenteil würde die jeweilige Verwendung der schon besser präzisierten Fassung der einen oder anderen Vorschrift nur günstig sein. Schwieriger liegt die Sache bei der Prüfung auf Alterungsneigung. Hier werden zwei gänzlich verschiedene Verfahren angewandt. Der VDE fordert die Bestimmung der Verteerungszahl, während die VdEW die Prüfung im Baaderschen Ölalterungsapparat vornimmt. Nun liegt die Sache so, daß im Baader-Apparat für gut befundene Öle wohl stets auch die vom VDE geforderte Verteerungszahl besitzen. Hinsichtlich der Beschaffenheit der Öle wäre also an sich kein Bedenken, wenn an Stelle der Verteerungszahl der Baadersche Ölprüfapparat eingeführt würde. Nur etwas bliebe noch zu klären: ob das Baadersche Ölprüfverfahren schon so weit durchgebildet ist, daß es bei Ausführung an verschiedener Stelle gut übereinstimmende Werte ergibt. Es sind nun, trotzdem das Verfahren schon mehrere Jahre ausgeführt wird, noch von keiner Seite Vergleichsversuche in verschiedenen Laboratorien veröffentlicht worden. Es ist lediglich von verschiedener Seite, u. a. von Baader selbst und von Frank, gesagt worden, daß das Verfahren gut reproduzierbare Werte ergäbe. Um die jedenfalls noch vorhandene Lücke

[1] Die Ölbewirtschaftung, herausgegeben von der Vereinigung der Elektrizitätswerke E. V. in Zusammenarbeit mit der Gemeinschaftsstelle Schmiermittel des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute.

auszufüllen, wurden von der AEG an eine Reihe besteingerichteter Laboratorien, in denen schon Übung in der Ausführung der Baader-Prüfung vorhanden war, drei verschiedene Öle geschickt, u. zw. je ein Öl russischer, deutscher und amerikanischer Provenienz. Letzteres war nach dem Edeleanu-Verfahren behandelt. Es sei darauf hingewiesen, daß diese Öle nicht etwa so ausgewählt wurden, daß von jeder Sorte ein Öl mit besonders günstigen Baader-Werten ausgesucht wurde, sondern es wurden vorhandene Muster, von denen zu erwarten war, daß sie den Bedingungen der VdEW entsprechen, d. h. Verseifungszahlen unter 0,3, aber auch nicht gar zu niedrige Werte aufweisen würden, verbraucht. In der folgenden Tafel 2 sind jeweils die erhaltenen Verseifungszahlen selbst aufgeführt, es sind nicht die Differenzen errechnet worden.

Tafel 2.

Öl I. Russisch.

Laboratorium	Verseifungszahlen				
	ursprünglich	Glasrührer	Eisenrührer	Kupferrührer	Bleirührer
1	—	—	—	0,196 0,196 0,112 0,112 0,224 0,224 0,194 0,194 0,224	0,280 0,280 0,280 0,308 0,252 0,280
2	0,05 0,04 0 0	—	—	0,15 0,16 0,14 0,14 0,11 0,14 0,15	—
3	0,02 0,05 0,02	0,06 0,08 0,11	0,13 0,06 0,08	0,22 0,32 0,36	0,08 0,14 0,47
4	0,04	0,056 0,052	—	0,24 0,18	0,085 0,09
5	0,04	0,04 0,06 0,06	—	0,18 0,20 0,18	—
6	—	0,07 0,07 0,105	0,105 0,105	0,175 0,175	0,245 0,24 0,25
7	0,095	0,093	0,106	0,231	0,250 0,224
2 und 3 gemeinsam	—	—	—	0,14 0,11 0,55 0,22 0,14	—

Öl II. Deutsch.

Laboratorium	ursprünglich	Glasrührer	Eisenrührer	Kupferrührer	Bleirührer
1	—	—	—	0,224 0,224 0,140 0,140 0,280 0,280 0,252 0,252 0,140	0,304 0,304 0,168 0,184 0,360 0,392 0,392 0,302 0,280
2	0 0 0 0	—	—	0,5 0,35 0,30 0,41 0,26 0,50 0,35 0,33 0,30	—
3	0,03 0,03 0,03	0,29 0,27 0,29	0,25 0,17 0,27	0,28 0,39 0,38	0,20 0,65 0,85
4	0,03	0,045 0,028	—	0,184 0,17	0,136 0,20
5	0,04	0,09 0,08 0,15	—	0,20 0,26 0,16	—
6	—	0,07 0,07 0,105	0,14 0,14	0,24 0,21 0,24	0,31 0,31
7	0,057	0,062	0,083	0,181	0,197
2 und 3 gemeinsam	—	—	—	0,18 0,17 0,16	—

Öl III. Amerikanisch.

Laboratorium	Verseifungszahlen				
	ursprünglich	Glasrührer	Eisenrührer	Kupferrührer	Bleirührer
1	—	—	—	0,224 0,224 0,184 0,224 0,252 0,252 0,280 0,252 0,184	0,140 0,140 0,056 0,084 0,112 0,112 0,084
2	0 0 0 0	—	—	0,14 0,15 0,14 0,16 0,11 0,15 0,13 0,11	—
3	0,05 0,03 0,04	0,10 0,06 0,05	0,16 0,08 0,12	0,26 0,30 0,40	0,07 0,18 0,20
4	0,02	0,042 0,027	—	0,227 0,213	0,16 0,09
5	0,04	0,04 0,04 0,04	—	0,16 0,20 0,16	—
6	—	0,035 0,035 0,07	0,14 0,14	0,245 0,59 0,73 0,67	0,07 0,07
7	0,057	0,046	0,060	0,286	0,060
2 und 3 gemeinsam	—	—	—	0,30 0,23 0,25	—

In dem Buche „Die Ölbewirtschaftung" wird der Meßfehler für die Verseifungszahl mit 0,05, für die Prüfung der Alterungsneigung mit 0,10 angegeben. Wie aus Tafel 2 ersichtlich ist, sind sowohl bei der Bestimmung der Verseifungszahl selbst als auch bei der Prüfung der Alterungsneigung diese angegebenen Prüffehler oft überschritten worden. Bei der Prüfung auf Alterungsneigung zeigen die Bestimmungen mit Glas- und Eisenrührer noch die geringsten Differenzen. Bei der Bestimmung mit Kupfer- und noch mehr mit Bleirührer kann man nach dem Ergebnis der vorliegenden Untersuchungen jedoch durchaus noch nicht von befriedigenden Ergebnissen sprechen.

Wenn man das Vorstehende zusammenfaßt, so erscheint es durchaus möglich, schon jetzt bei allen vorgeschriebenen Prüfungen außer der Bestimmung der Alterungsneigung das Nebeneinander der zwei verschiedenen Bestimmungen, der Vorschrift des VDE einerseits und der Betriebsanweisung der VdEW anderseits, zu beseitigen. Bei der Prüfung der Alterungsneigung müßte man aber wohl doch noch weitere Erfahrungen abwarten, ehe man der Frage nähertreten kann, die Baadersche Ölalterungsprüfung allgemein einzuführen.

Untersuchung von Schweißnähten an fertigen Arbeitstücken.

Um die einwandfreie Ausführung einer Schweißung zu prüfen, kann man, wenn sich die Schweißnähte horizontal stellen lassen, einen kleinen Elektromagnet verwenden, der von der Schweißdynamo, also mit Gleichstrom erregt wird[1]. Stellt man die Schweißnaht so ein, daß sie ungefähr in der Symmetrielinie zwischen den beiden Polen liegt, und legt man über die Schweißnaht ein mit Eisenfeilspänen bestreutes Papier, so erkennt man Risse, größere Lunker oder Schlackeneinschlüsse daran, daß an dieser Stelle Kraftlinien in verstärktem Maße austreten und eine Anhäufung der Eisenfeilspäne bewirken, weil der von den Kraftlinien durchflossene Eisenquerschnitt verringert wird. *Ka.*

[1] G. Hafergut, El. u. Maschinenb. Bd. 49, S. 194.

Österreichs Elektroindustrie im Jahre 1930*.

Von **E. Honigmann**, Wien.

Die Stark- und Schwachstromindustrie.

Die österreichische Elektroindustrie, die nach dem Statistischen Jahrbuch der Kammer für Arbeiter und Angestellte im Frühjahr 1930 bei insgesamt 1167 Betrieben mit 19 626 Arbeitern und 2345 Lehrlingen über 38 Betriebe der Schwachstromindustrie (4394 A., 281 L.), 86 Starkstrombetriebe (7678 A., 534 L.), 1019 Elektroinstallateurbetriebe (5757 A., 1507 L.) und 24 Betriebe für Glühlampenerzeugung (1797 A., 23 L.) verfügte, hatte unter der allgemeinen Wirtschaftskrise selbstverständlich außerordentlich zu leiden, immerhin sind deren Folgen im Berichtsjahr aber noch nicht in ganzer Schärfe hervorgetreten, da wegen der langen, oft mehrjährigen Dauer des Baus großer elektrischer Anlagen die Auswirkungen der Konjunktur langsamer zum Vorschein kommen als in anderen Branchen. Alle Unternehmungen strengen sich auf das äußerste an, den Ausfall wettzumachen, der ihnen durch die wesentlich eingeschränkte Investitionstätigkeit der öffentlichen Hand erwuchs. So waren, obwohl auch die Geschäfte mit Rußland infolge der nicht erneuerten Ausfallhaftung der Gemeinde Wien nachließen, die Ergebnisse immerhin noch verhältnismäßig günstig, doch ging es ohne Kürzung der Arbeitszeiten und Verminderung des Personals vielfach nicht ab. Der Rationalisierung in der Fabrikation wurde fast allgemein die größte Aufmerksamkeit zugewendet, meist jedoch, ohne die erhoffte Herabsetzung der Spesen zu erreichen. Klagen über die Überspannung der sozialen Lasten und Steuern kehren nach wie vor in den Geschäftsberichten wieder. Im übrigen ist die Elektroindustrie so vielfältig und hat ein so überaus reiches Herstellungsprogramm, daß im Erfolg sich Unterschiede nicht nur bei den einzelnen Unternehmungen, sondern sogar bei verschiedenen Abteilungen der gleichen Firma zeigen. Am meisten sind die Fabrikanten in Mitleidenschaft gezogen, welche Anlagen und deren Einzelteile für andere Industrien fertigen. Die Tendenz, die großen Vorzüge des elektrischen Betriebs zur Verbesserung der eigenen Werksanlagen zu verwerten, wurde immer schwächer, weil die finanzielle Lage es selbst hervorragenden Gesellschaften verbot, durch kostspielige Anschaffungen die Unkosten zu verringern, an Arbeitszeit zu sparen und die Erzeugnisse zu verbessern.

Was die Spezialfabriken anlangt, so hat sich überall die Wirtschaftskrise fühlbar gemacht, z. B. auch im Absatz der österreichischen Glühlampenindustrie trotz seiner Regelung durch das Weltkartell und der überall erhöhten energischen Propaganda für Lampenöfen und zweckmäßige Beleuchtung. Der Bedarf im Inland an Glühlampen betrug 1930 rd. 8,5 Mill Stück, d. s. 7 % weniger als im Vorjahr. Leider ist der Lampenexport stark zurückgegangen, trotzdem die österreichischen Marken im Ausland, besonders auch in den V. S. Amerika, sehr beliebt sind. Die Draht- und Kabelwerke konnten sich ebenfalls den Wirkungen des allgemeinen Preisfalls nicht entziehen, obwohl der Verkauf ihrer Erzeugnisse durch ein gemeinsames Büro erfolgt. Wenngleich durch ziemlich hohe Zölle geschützt, muß das österreichische Draht- und Kabelkartell doch die Parität mit der Auslandsware einhalten. Die unverändert hohen Auslagen für Löhne, Abgaben und Steuern verhindern es, die Gewinnquote zu verbessern; i. a. hatten die Kabelwerke aber doch genügend Arbeit.

Die großen Schwachstromfirmen waren im Kampf um den großen Markt erhöhten Anstrengungen ausgesetzt, während sie lange Zeit hindurch gegenüber den Starkstromunternehmungen im Vorteil gewesen sind, da ihnen wenigstens die behördlichen Bestellungen sicher waren. So konnten sie ihre Aufmerksamkeit weniger dem aufreibenden Kampf mit der Konkurrenz als der technischen Ausbildung und Vervollkommnung ihrer Erzeugnisse zuwenden. Auch 1930 flossen ihnen, wenngleich nicht in demselben Maß wie früher, beträchtliche Staatsaufträge zu, denn der Ausbau des österreichischen Fernsprechnetzes hat wieder wichtige Fortschritte gemacht. Abgesehen von Fern- und Bezirkskabelstrecken wurde das Überlandfernsprechnetz durch Freileitungen verdichtet und deren Drahtlänge um rd. 3220 km vermehrt. Das Fernkabelnetz erfuhr durch Verlegung eines 100paarigen Kabels von Bruck a. d. Mur über Judenburg—Treibach—Klagenfurt—Villach bis an die italienische Grenze bei Tarvis (rd. 225 km) eine bedeutende Erweiterung. Der 1927 zwischen Wien und Berlin errichteten ersten europäischen Bildtelegraphenverbindung (System Siemens-Karolus-Telefunken) folgten zunächst keine weiteren, indessen hat man das System entwickelt und verbessert, so daß die Bildstelle Wien enger in das inzwischen entstandene europäische Bildtelegraphennetz einbezogen werden konnte. Besondere Bedeutung kommt dem im November 1930 aufgenommenen ersten überseeischen Bildtelegraphenverkehr Wien—Argentinien (Buenos Aires) zu, dem bald die zweite Überseeverbindung Wien—New York am 1. II. 1931 folgte. Der Überlandfernsprechverkehr im Inland stieg auf rd. 37,372 Mill Gesprächsminuten (34,819 i. V.), der mit dem Ausland auf 10,437 Mill Gesprächsminuten (9,384 i. V.).

Das Installateurgewerbe.

Das Jahr 1930 gehörte zu den ungünstigsten in der Geschichte des Elektroinstallateurgewerbes. Mit der ständigen Abnahme der Arbeitsgelegenheiten ging natürlich ein verstärkter Konkurrenzkampf Hand in Hand, einerseits mit den Großindustrien, die ebenso wie viele Elektrizitätswerke modern eingerichtete Verkaufsbüros besitzen, anderseits zwischen den größeren und mittleren, technisch, kaufmännisch und finanziell entsprechend fundierten und den handwerksmäßig geführten Betrieben untereinander. Die Deckung der laufenden Ausgaben verlangt bereits die Inanspruchnahme aller Kräfte, für einen wirklichen Verdienst bleibt oft nichts übrig. Immerhin waren die ganz kleinen Unternehmer, die die Arbeit beim Kunden persönlich verrichten und keine fremden Monteure, höchstens Lehrlinge beschäftigen, gegenüber den größeren insofern im Vorteil, als sie diese leicht unterbieten können und auch die Preise für Instandsetzung und Instandhaltung von Anlagen, wofür man sie mit Vorliebe in Anspruch nimmt, nicht so scharf kontrolliert werden wie bei der Übertragung von Aufträgen auf Neuanlagen, die in den heutigen Zeiten meist direkt vergeben werden. Um letztere findet gewöhnlich geradezu ein Rennen statt, und die angebotenen Preise zeigen oft Unterschiede, die man nicht für möglich halten sollte. Die sehr rührigen Leitungen der verschiedenen Elektrikerorganisationen geben sich große Mühe, diese Zustände zu verbessern. Vor allem suchen sie die kaufmännischen Kenntnisse der Installateure zu erweitern und zu vertiefen, besonders die „blinde Preisstellung" durch eine systematische und richtige Kalkulationsmethode zu ersetzen. Nach wie vor macht sich das Mietengesetz ungünstig bemerkbar, denn auf dem Wohnungsmarkt herrscht nur geringe Bewegung, während früher zu allen Umziehterminen eine Belebung der Installationstätigkeit die Regel war. Trotz dieser Notlage des Gewerbes ist der Zulauf zu ihm nach wie vor übermäßig stark und überschreitet bei weitem den tatsächlichen Bedarf.

Der Elektrohandel.

Lebten wir in normalen Zeiten, dann müßte sich der Handel mit elektrotechnischen Artikeln in einer Blüteperiode befinden. Aber unter den heutigen Umständen haben auch die elektrotechnischen Handelsfirmen einen außerordentlich schweren Kampf um ihre Existenz zu führen. Bei allen Anschaffungen befleißigt sich jedermann der größten Sparsamkeit, der Installateur hält sein Lager so klein wie nur möglich, die Elektrizitäts- und Industriewerke machen es im großen ebenso. Investitionen werden auf das geringstmögliche Maß beschränkt. Die Spesen der Reisevertreter sind mangels größerer Bestellungen kaum einzubringen, der Bedarf des großen Publikums ist zwar außerordentlich gestiegen, kann aber nur durch intensivste Werbearbeit erfaßt werden. Die Einführung eines so zweischneidigen Schwertes, wie es das Ratengeschäft ist, wurde dem Einzelhandel durch die Zeitumstände direkt aufgezwungen. Aber noch schwerer hat es der Großhändler oder, besser gesagt, der Sortimenter, der einen Kampf nach mehreren Fronten zu führen hat.

Auf dem Gebiet des Außenhandels ist die „Elektrogruppe" der österreichischen Handelsbilanz stark aktiv, doch hat sich der Ausfuhrüberschuß gegen den Beginn der Zwanzigerjahre wesentlich verringert. 1922 war sein Wert noch 84,588 Mill S, 1930 machte er nicht einmal die Hälfte davon aus. In den letzten vier Jahren übertraf der Export den Import um

21 649 dz	= 24,647 Mill S	im Jahr	1927
9 381 „	= 33,411 „ „	„ „	1928
10 379 „	= 25,646 „ „	„ „	1929
41 343 „	= 37,432 „ „	„ „	1930.

* Auszug aus dem Jahresbericht der Wiener Handelskammer. Vgl. ETZ 1930, S. 1684.

Österreichs Ein- und Ausfuhr elektrischer Erzeugnisse im Jahr 1930.

Stat. Nr.	Erzeugnisse	Einfuhr						Ausfuhr					
		Wert in 1000 S			Menge in dz			Wert in 1000 S			Menge in dz		
		1930	1929	1928	1930	1929	1928	1930	1929	1928	1930	1929	1928
1003 ... 1006	Elektrische Maschinen und Transformatoren	11 688	15 724	13 292	19 597	26 071	17 887	20 699	19 912	14 974	43 800	41 312	31 840
1007 1009 1012	Telegraphen-, Läute-, Signal- und Eisenbahnsicherungsapparate	1 023	855	847	459	512	480	1 654	1 193	721	1 173	464	444
1008	Telephone und Mikrophone	2 864	5 653	4 078	939	1 752	1 312	4 844	8 803	3 796	1 275	2 470	1 395
1010	Apparate für drahtlose Fernvermittlung . .	5 928	7 608	4 203	852	891	764	14 668	13 528	7 518	4 164	4 070	2 002
1011	Röntgen- und elektromedizinische Apparate und Hilfsgeräte .	1 489	1 230	1 422	661	665	929	1 336	1 136	1 370	688	705	761
1013	Elektrizitätsmeß- und Zählapparate . . .	3 467	3 100	2 728	1 207	1 184	1 101	2 997	2 316	1 973	1 447	1 133	1 010
1014	Bogen-, Quarz-, Quecksilberdampflampen .	112	125	170	28	29	37	456	542	467	21	23	21
					1 129 Stück	1 310 Stück	1 151 Stück				7 078 Stück	6 988 Stück	7 895 Stück
1015	Glühlampen[1]	2 945	3 570	2 979	2 870 075	3 009 486	2 319 652	18 356	19 916	22 919	16 313 937	16 580 300	19 921 498
1016	Röntgenröhren	205	234	118	15	19	12	127	186	167	6	12	9
1017 ... 1018	Elektrische Öfen, Heiz- und Kochapparate; Bügeleisen; elektrische Apparate und Vorrichtungen n. b. b.	12 294	14 374	10 498	10 364	13 276	9 409	13 537	13 575	11 207	19 487	20 854	16 674
1020 ... 1021	Kabel und isolierte Drähte	1 022	1 415	1 033	1 729	2 090	1 454	5 529	4 462	4 084	20 273	13 750	13 790
1022	Akkumulatoren . . .	284	374	331	579	614	498	345	599	676	1 314	1 955	2 067
1023	Elektrische Beleuchtungskohle .	89	82	65	125	116	97	53	42	28	68	22	45
1024	Elektroden	1 134	1 175	1 573	10 762	10 286	18 177	8	4	22	30	19	120
1025	Elektrische Kohlen, andere	657	748	582	1 151	1 431	1 057	95	109	82	83	39	29
1019	Isolierrohre.	315	441	567	2 354	3 401	3 499	175	259	331	960	1 328	2 091
1026 ... 1028	Isolations- und Montierungsbestandteile .	2 407	4 527	2 848	10 154	22 211	13 827	476	299	400	1 581	1 093	879
	Gesamtsumme . .	47 923	61 235	47 324	62 105	85 858	71 691	85 355	86 881	70 735	103 448	96 237	81 072
	Davon Glühlampen Stück . . .	—	—	—	2 870 075	3 009 486	2 319 652	—	—	—	16 313 937	16 580 300	19 921 498

[1] Für Glühlampen sind nur die Stückzahlen, nicht aber die Gewichte angegeben, die also auch in der Gesamtsumme fehlen.

Man sieht daraus, welch große Anstrengungen Österreichs Industrie und Handel gemacht haben, um für das stete Sinken des inländischen Bedarfs Ersatz auf fremden Absatzgebieten zu finden. Der Menge nach ist die Ausfuhr um etwa 7 % gestiegen, wertlich aber um 1,3 % gefallen. Das bedeutet jedenfalls die Notwendigkeit, die Geschäfte durch Preisopfer zu ermöglichen. Die Gesamtsumme der eingeführten Waren ist der Menge nach gegen 1928 um 13 %, gegen 1929 um 27 % zurückgegangen, im Wert fast der Einfuhr von 1928 gleich geblieben, gegen 1929 aber um 21 % gefallen. Die Einheitspreise je 1 dz haben sich also in den letzten drei Jahren von 0,660 Mill S auf 0,710 im Jahr 1929 bzw. 0,770 Mill S im Jahr 1930 erhöht. Hieraus darf man wohl schließen, und das entspricht auch der praktischen Erfahrung, daß für den Einkauf im Ausland weniger der Preis als besondere Vorzüge z. B. der Konstruktion, der Qualität, der Marke usw. maßgebend gewesen sind. Tatsächlich läßt sich bei technischen Erzeugnissen wenigstens ein Großteil der Verbraucher auch durch hohe Zölle nicht abschrecken, altbewährte, beliebte Fabrikate zu beziehen, solange der inländische Produzent nichts Gleichwertiges liefert. Wenn man die Veröffentlichungen des handelsstatistischen Amtes zu Hilfe nimmt, sieht man, daß die Einfuhr ganz starker ausländischer Maschinen, wie sie bei einzelnen Großkraftwerken verschiedentlich verwendet wurden, erheblich zurückgegangen ist. Auch die der Maschinenbestandteile hat wesentlich abgenommen. Die Ausfuhr von Maschinen verminderte sich dem Gewicht nach um nicht ganz 9 %, wertlich um etwa 5 %. Die Stückzahl ist aber um rd. 17,5 % gesunken, ein Zeichen, daß der Export größerer Maschinen immer schwerer wird. Auch die Ausfuhr von Maschinenbestandteilen war ganz bedeutend schwächer. Das Außenhandelsgeschäft mit Schwachstromartikeln hat sich seit vorigem Jahr ebenfalls verschlechtert, nur bei Radiogeräten ist die Ausfuhr seit 1928 der Menge und dem Wert nach auf das Doppelte gestiegen. Im letzten Jahr hat das Tempo des Aufschwungs allerdings beträchtlich nachgelassen, i. a. befindet sich der Radiohandel aber nach wie vor im Aufblühen, und die Auslandsmärkte sind für den Absatz österreichischer Apparate infolge gediegener Arbeit und rühriger Propaganda aufnahmefähig geblieben. Das Geschäft mit Elektrizitätsmeß- und Zählapparaten war günstig, Einfuhr und Ausfuhr sind wert- und mengenmäßig gestiegen. Das Glühlampengeschäft hingegen hat sich trotz seiner Regulierung durch das Weltkartell und die besonders systematische Propaganda verschlechtert, ein Zeichen der allgemeinen Wirtschaftslage, denn die Glühlampe ist heute ein überall unentbehrlicher Konsumartikel. Eine besonders wichtige Gruppe ist unter der stat. Nr. 1017/18 (elektrische Installationsapparate und Gebrauchsartikel) vereint. Sie läßt in jeder Beziehung deutlich einen Rückgang erkennen, am geringsten noch beim Wert der Ausfuhr, der sich ziemlich genau auf dem Niveau des vorigen Jahres gehalten hat. Leitungsmaterial wurde weniger als 1929 importiert, während sich sein Export merklich hob. Die Einfuhr von Isolationsbestandteilen (Porzellan) ist auf die Hälfte gefallen, was sich teils aus dem wesentlich geringeren Bedarf infolge des sehr stark verlangsamten Tempos im Ausbau von Hochspannungsnetzen, teils aus der Erstarkung der inländischen Industrie erklärt. Letztere zeigt sich auch in der Erhöhung der Ausfuhr.

Das Ergebnis.

Betrachtet man die in den Geschäftsberichten[1] für 1930 veröffentlichten Bilanzen der fabrizierenden Elektrizitätsgesellschaften, so findet man darin schon deutlich die schlechte Konjunktur ausgeprägt, aber doch nicht in dem Maß, wie es der allgemeinen Wirtschaftskrise entspricht. Das liegt daran, daß Staat, Länder und Gemeinden wohl ihre Investitionstätigkeit schon gewaltig zu drosseln begonnen haben, aber doch nicht ganz einstellen konnten, und daß sich die Lieferungsfristen für große elektrische Maschinen, Apparate, Anlagen u. dergl. über längere Perioden hinausziehen. Bei den Fabrikationsgesellschaften ist das Aktienkapital nirgends verändert worden,

[1] Vgl. auch S. 1480.

doch hat man die Rücklagen aufs äußerste beschränkt. Die Gewinne der Starkstromfirmen sind durchweg hinter denen des Vorjahres zurückgeblieben, und auch die Dividenden wurden, mit Ausnahme der Siemens-Schuckert-Werke, überall um je 2 % vermindert. Die Schwachstromunternehmungen vermochten ihre vorjährige Dividende teils beizubehalten, teils zu erhöhen. Mit Hilfe fortgesetzter Betriebsverbesserungen gelang es, die Produktionsbedingungen so zu gestalten, daß das Übermaß der Lasten wettgemacht werden konnte. Die i. a. weiterhin günstige Entwicklung des Radiogeschäfts, Fortschritte im Fernsprechwesen, Ausnutzung internationaler Beziehungen und moderne Absatzorganisationen vereinigten sich, die Härte der Zeit zu überwinden.

RUNDSCHAU.

Beleuchtung.

Wolfram-Leuchtröhren. — Wolfram-Leuchtröhren sind ihrem Aufbau nach Glühlampen. Während letztere aber ein ziemlich starres System der Halterung des Glühfadens besitzen, welches nur eine geradlinige Gestaltung des Glaszylinders ermöglicht und zur Einhaltung gewisser Mindestrohrweiten zwingt, wird bei den Wolframröhren eine grundsätzlich andere Art der Drahtbefestigung angewandt (Abb. 1), die es ermöglicht, daß die Röhren beliebig gebogen und in sehr schlanker Form hergestellt werden können. Man verwendet heute ein Haltegerippe, das aus einem Längsdraht und einer Anzahl halbkreisförmiger Querdrähte besteht, die in etwa zentimetergroßen Abständen mit dem Längsdraht verbunden sind. Zwischen den Querdrähten sind die nach der Mitte der Röhren zu laufenden und dort am Ende hakenförmig gebogenen Molybdänträger des Leuchtdrahtes isoliert befestigt. Das ganze Traggerüst befindet sich zur Vermeidung von Schattenbildung auf der Seite der Röhren, die der Ansicht abgewendet ist. Der Wolframdraht ist, um größere Drahtlängen unterbringen zu können, wendelförmig ausgebildet. Sein Querschnitt ändert sich von Fall zu Fall, der Länge der einzelnen Rohrstücke und der jeweiligen Spannung entsprechend. Aber nicht nur durch ihre individuelle Herstellung unterscheiden sich die Wolframröhren von röhrenförmigen und anderen Glühlampen, sondern auch in der Art der Stromzuführung. Die Wolframröhren erhalten Anschlußfüße (Abb. 2), d. s. zapfenartige Erweiterungen des Glasrohres in der Nähe seiner Enden, die mit Kontaktschrauben oder Kontaktplatten versehen sind. Der Anschluß erfolgt durch Porzellanfassungen, in denen sich die Anschlußklemmen befinden, die wiederum mit einem Kontaktplättchen leitend verbunden sind, das sich unter Federdruck gegen den Anschlußfuß der Leuchtröhre legt. Die üblichen Glasrohrdurchmesser sind 10, 12, 17, 22, 30 und 45 mm. Während Röhren von 17 und 22 mm hauptsächlich für Lichtreklamezwecke verwendet werden, dienen solche von 30 und 45 mm Dmr. mehr zur Beleuchtung von Innenräumen. Sie werden als Wolfram-Einheitsröhren in 1 m Länge gerader Form, für 220 V Anschlußspannung genormt und serienmäßig hergestellt. Die Lichtfarben der handelsüblichen Wolfram-Leuchtröhren sind weiß und gelb. Der Stromverbrauch schwankt je nach der Rohrstärke zwischen 80 und 180 W je Meter Rohrlänge. Die Lichtausbeute beträgt etwa 8 ... 10 Lm/W. Als Lebensdauer kann man ebenso wie für Glühlampen im Mittel 1000 Brennstunden annehmen. (W. Starck, Das Licht Bd. 1, S. 201.) *Ka.*

Abb. 1. Halterung des Leuchtdrahtes von Wolframröhren.

Wolfram-Einheitsröhren 1 m lang, 30 mm Φ

Abb. 2. Halter für Wolframröhren.

Fernmeldetechnik.

Der Kupferjodürdetektor. — Preßt man sorgfältig gereinigtes Kupferjodürpulver in die Höhlung eines geeigneten Metallblocks und legt einen Draht aus Kupfer, Aluminium oder Blei lose auf, so zeigt ein solcher Detektor eine ausgezeichnete Gleichrichterwirkung und erlaubt, die Vorgänge im Detektor experimentell zu verfolgen. Da bei stundenlangem Durchgang eines Stromes von 100 mA durch ein Glasrohr mit Kupferjodür an den Elektroden keine Abscheidung oder Reaktion zu beobachten war, muß der elektrische Strom in der Hauptsache auf wandernde Elektronen zurückgeführt werden. Diese spalten sich von der Kupferjodürmolekel ab. Das entstehende Kupferjodürion wandert langsam zum negativen Pol. Ist dies der Kupferdraht, so verringern die sich am Draht abscheidenden neutralisierten Ionen den Abstand zwischen Draht und Jodürschicht und beseitigen damit die Ursache der Detektorwirkung. In der Tat bewirkt ein schwacher Dauerstrom von 0,3 mA in einigen Stunden ein Aufhören der Detektorwirkung, die durch eine Erschütterung natürlich wiederhergestellt werden kann. Nicht alle Metalldrähte zeigen die Detektorwirkung; Molybdän, Wolfram, Platin geben schon bei leichtem Anliegedruck vollständige Berührung zwischen Jodür und Draht. Die Ergebnisse werden vom Verfasser verallgemeinert. Brauchbar als Kontaktdetektoren sind diejenigen Stoffe, bei denen die Elektronen Träger der Elektrizitätsleitung sind, und die keinen vollständigen elektrischen Kontakt mit einander bilden; eine Ionenwanderung in den Kontaktkörpern ist schädlich. Die Stoffe mit festsitzenden Ionen sind für die Praxis am besten geeignet; die Stoffe mit sehr langsam wandernden Ionen sind für die Praxis noch brauchbar, erfordern aber nach einiger Zeit Erschütterung oder Wechsel der Kontaktstelle. (E. Habann, Z. f. techn. Phys. Bd. 10, S. 25.) *Br.*

Änderungen am Weltrundfunksender. — Der deutsche Kurzwellen- (Weltrundfunk-) Sender Königswusterhausen sendet im allgemeinen auf der Welle 31,38 m, die für den Rundfunkempfang dieses Senders in vielen Teilen der Welt günstig ist. Zur Verbesserung der Ausstrahlungen auf Welle 31,38 m ist eine Rundfunkstrahlantenne im Bau, die voraussichtlich in der zweiten Hälfte des Dezember fertig sein wird.

In den Nachmittags- und Abendstunden (nach MEZ) ist jedoch für den Empfang des Weltrundfunksenders in der Richtung nach Amerika eine Welle um 19 m vorteilhafter. Der Zeitpunkt, von dem an abends die kürzere Welle günstiger wird, wechselt im Sommer und Winter. Es sind deshalb Versuche im Gange, den deutschen Weltrundfunksender von Mitte November an bis auf weiteres wöchentlich einmal (am Montag jeder Woche) auf der Welle 19,737 m zu betreiben. Zu diesen Versuchen wird eine Dipolantenne verwendet, die nach allen Richtungen gleichmäßig strahlt. Für besondere Amerikasendungen soll diese Welle zu den geeigneten Zeiten, etwa vom Februar 1932 an, mit einer im Bau begriffenen, nach Nordamerika gerichteten Strahlwerferantenne ausgestrahlt werden. *MRG.*

Physik und theoretische Elektrotechnik.

Magnetische Streuung. — Die in einer Anzahl von Aufsätzen[1] und Diskussionen der letzten Jahre rechnerisch behandelte Wirkung der Streuung, daß bei der Induktion zwischen zwei Stromkreisen das beiden Kreisen gemeinsame Feld während eines gewissen Zeitintervalles Null bleibt, ist nicht, wie gesagt, als Anomalie zu bezeichnen und steht nicht im Widerspruch mit der geometrischen

[1] H. Hemmeter, Arch. El. Bd. 15, S. 193 (1925); Bd. 16, S. 124 (1926); ETZ 1926, S. 342; 1927, S. 244. — L. Fleischmann, Arch. El. Bd. 21, S. 312 (1928); El. u. Maschinenb. Bd. 47, S. 457 (1929); ETZ 1929, S. 1027; 1930, S. 1280. — E. Weber, ETZ 1930, S. 1221.

Behandlung, sondern sie ergibt sich aus dieser. Die geometrische Behandlung des allgemeinen Transformators, welche s. Z. zur Entwicklung des Kreisdiagrammes des Induktionsmotors geführt hat, bestand darin, die Induktions- und Feldverteilung auf zwei Stromkreise in einzelne Komponenten zu zerlegen, eine hauptsächliche Komponente, welche durch beide Ströme gemeinsam erzeugt wird, d. h. durch die aus beiden resultierenden Stromwindungen, und Komponenten der Streuung, welche durch beide Ströme einzeln bestimmt werden. Das oben genannte Mißverständnis scheint dadurch entstanden zu sein, daß später[1] diese Feldkomponenten ihrer getrennten Wirkung nach Felder genannt wurden und hierdurch die Auffassung hervorgerufen wurde, daß die hauptsächliche, von beiden Strömen gemeinsam erzeugte Feldkomponente gleichzeitig auch das beiden Kreisen gemeinsame Feld darstelle. Dies ist jedoch nicht der Fall.

Die jeweilige tatsächliche Feldverteilung ergibt sich aus der Zusammensetzung dieser Feldkomponenten. Für die gesamte Zeitdauer, wo das Primär- und das Sekundärfeld die gleiche Richtung haben, ist lediglich das jeweils kleinere der beiden Felder das alleinige beiden Kreisen gemeinsame Feld. Außerdem hat die Streuung zur Folge, daß beide Felder nicht gleichzeitig durch Null gehen und ihre Richtung wechseln, sondern kurze Zeit nacheinander. Während dieses kurzen Zeitintervalles sind sie beide nur klein, aber entgegengesetzt und bilden deshalb reine Streufelder, wobei infolge ihrer entgegengesetzten Richtung ein gemeinsames Feld im Primär- und Sekundärkreise naturgemäß während dieses kurzen Zeitintervalles überhaupt nicht auftreten kann. Die Richtigkeit obiger Überlegungen wird dann ausführlich an einem einfachen Diagramm in übersichtlicher Weise gezeigt.

Auch der Vorschlag von Kübler[2] ist im Prinzip deshalb vollkommen richtig. Hierbei genügt es praktisch, lediglich den Zeitpunkt des Diagrammes in die Rechnung einzuführen, wo das Streufeld seine Amplitude erreicht, und wo es gleichzeitig die Form eines rein primären Streufeldes erhält. Das Gleiche gilt dann auch für alle sonstigen Berechnungen der Streuung, wie bei Synchronmaschinen usw. In den Grundlagen und der Anwendung der Gesetze, für den einfachen Fall wie für die kompliziertesten praktischen Fälle, besteht nichts, was anormal wäre oder verschiedene Möglichkeiten enthielte. (A. Heyland, Arch. El. Bd. 25, H. 4, S. 236.)

Verschiedenes.

Ein Jubiläum des Deutschen Museums. — Vor nunmehr 25 Jahren, am 13. XI. 1906, fanden in München die feierliche Grundsteinlegung zu dem von G. v. Seidl entworfenen Museumsneubau und die Eröffnung der Sammlungen des Deutschen Museums in den Räumen des alten Nationalmuseums statt. Bei deren Vorbesichtigung durch den Kaiser und die Ehrengäste sagte O. v. Miller in einer Ansprache: „Ein Anfang ist es erst, und doch läßt er schon erkennen, wieviel geschaffen werden kann, wenn nicht eine Stadt oder ein Land, sondern die Männer des gesamten Deutschen Reiches, alle wissenschaftlichen und technischen Institute einmütig zusammenarbeiten, ein gemeinsames Werk zu schaffen zum Ruhm unserer Vorfahren und zum Vorbild für die kommenden Geschlechter."

Lärmbekämpfung mittels Flüssigkeitschleiers. — Ein elektrohydraulisches Speicherkraftwerk befindet sich in einem felsigen und ziemlich engen Hochtal inmitten eines Sommerfrischedörfchens. Die Anlage umfaßt einen 10 000 kVA-Motorgenerator, eine 15 000 PS-Pelton-Wasserturbine, ein Zahnradgetriebe für 750/1000 U/min zum Antrieb von zwei Hochdruck-Zentrifugalpumpen mit ausrückbaren Kupplungen an beiden Seiten des Getriebes. Diese Anlage erzeugt ein Geräusch, welches herrührt:

a) vom Motorgenerator, halboffene Bauart, von der Lufteinnahme und Luftausstoß an der Außenseite des Maschinenhauses: dumpfes, pulsierend brummendes Ventilationsgeräusch;

b) vom Zahngetriebe, geschliffene Zähne: gleichmäßig singender Ton;

c) von den ausrückbaren Kupplungen und Zentrifugalpumpen: nur unbedeutender Lärm, der außerhalb des Maschinenhauses kaum zu Beanstandung Grund bot;

d) vom Peltonrad: dröhnender Trompetenton, durch den Auslaufkanal heraustretend, und

e) von den elektrischen Hilfsapparaten: kein nennenswerter Lärm.

Nach der Stärke des Lärmes lassen sich die Organe einteilen: Peltonrad, Motorgenerator, Zahngetriebe. Das Werk arbeitet parallel mit anderen Stationen im unteren Tal, so daß sich häufig zu jeder Tages- und Nachtzeit Umschaltungen in den Stromlieferungen und bei den Speicherpumpen vollziehen, wobei jeweilig die durchdringende Lärmwirkung der Turbinen-Bremsdüse hinzukam und den Talkessel erfüllte.

Abb. 3. Tunnelaustritt des hydroelektrischen Kraftwerkes Tremorgio, den Wasserschleier zeigend, der den Lärm der Peltonturbinen dämpft.

Zuerst dachte man daran, um das Werk eine hohe Schirmmauer zu errichten, um auf diese Weise den Schall nach oben abzuleiten. Zum Glück wurden diese Arbeiten nicht ausgeführt, denn sie hätten doch nicht viel genützt.

A Peltonturbine B Ablauf C offener Kanal D Zulauf E Wasserschleier

Abb. 4. Schema der Lärmeinsperrung im Turbinen-Auslauftunnel.

Schleppklappen im Wasserauslauf-Kanal der Turbine befriedigten ebenfalls nicht, da sie ein ziemliches Spiel haben mußten, welches man ihnen geben mußte wegen der Gefahr von Klemmungen und Vereisung. Ein Siphoneinbau war zu gefährlich, denn er hätte zu einem Rückstau des Unterwasserspiegels im Abflußkanal führen und ein Eintauchen des Turbinenrades mit sich bringen können, was vollständig unzulässig ist.

Infolgedessen mußte man ein Abschlußsystem für den Kanal finden, das frei von diesen Nachteilen und Gefahren war und welches ohne Unterbrechung des Betriebes errichtet werden konnte. Daher schlug F. M. Osswald einen Wasserschleier vor (Abb. 3 und 4); die Ausführung übernahm die Firma Sulzer. Am überdeckten Ende des Abflußkanales schloß man die obere Hälfte der Austrittsmündung durch ein Holzüberfallgerinne, so daß ein gleich-

[1] ETZ 1896, S. 633.
[2] E. Kübler, Arch. El. Bd. 21, S. 407 (1928); ETZ 1929, S. 1205.

mäßiges Wasserblatt von etwa 30 mm oberer Dicke und etwa 10 mm unterer Dicke, die Seitenwände gut bespülend, einen nachgiebigen Abschluß bewirkt. Das Sperrwasser wird aus dem Bach durch einen Holzkanal zugeführt unter Beigabe des sonst nicht verwertbaren warmen Lagerkühlwassers. Der Erfolg übertraf die gehegten Erwartungen; bei den Regelungsmanövern sah man den Wasserschleier vorwärts und rückwärts atmen, ohne daß er zerriß, und der Brüllton sank unter die Lautheit der übrigen vom Maschinenhaus kommenden Geräusche, er wurde überdies durch das Plätschern des Überfalles noch mehr maskiert. Wenn man ein Brett hochkant in das Überfallgerinne stellte, so daß ein Dreieckriß im Schleier entstand, so war der alte Lärm wieder in voller Höhe zu hören; wenige Sekunden nach dem Herausziehen des Brettes hatte sich der Schleier wieder geschlossen. Messungen der Schallgröße mit Hilfe eines gegenüber der Tunnelöffnung aufgestellten selektiven Kolbenmembran-Phonometers mit 6000facher Spiegelvergrößerung ergaben eine Dämpfung von etwa 95 Decibel auf etwa 40 Decibel herab (1 Decibel = 10 log Hörreizschwelle). Durch die Errichtung dieses Wasserschleiers als Dämpfer war auch jede Frostgefahr beseitigt. Abb. 3 zeigt die endgültige Ausführung mit Bleiblechverkleidung in Anlehnung an das Mauerwerk.

Ferner ist noch zu bemerken, daß die Ventilation des Motorgenerators ebenfalls umgebaut wurde, u. zw. auf geschlossene Zirkulation. Diese Umänderung wurde dadurch ermöglicht, daß man im Untergeschoß und vor dem Maschinenhaus über genügend Platz verfügte, um dort umschaltbare Ringkanäle und Kühlkammern mit Wasserspiralen zu erstellen. Damit wurde auch die CO_2-Brandlöschung im Generator wirksamer und die Gefahr der Verschmutzung der Luftschlitze des Stators und Rotors wesentlich vermindert, denn die Anlage befindet sich in der Nähe von Lawinenzügen, deren Niedergehen das Tal mit Staub und Vegetationsresten erfüllt und jeweilig schleuniges Abstellen der Motorgeneratoren erforderte.

Flüssigkeitschleier finden gleichfalls Anwendung in anderen Industriebetrieben, z. B. als Sicherheitsabschluß für explosionsgefährdete Apparate und Räume, bei Feuerungsräumen usw., die unter nahezu atmosphärischem Druck stehen. Natürlich muß die Sperrflüssigkeit entsprechend gewählt werden, wenn es sich um chemischen Gasabschluß oder Staubabschluß handelt.

R. W. Müller.

Energiewirtschaft.

Fortschritte in der Ausnutzung der Wärmeenergie des Meeres. — Den beiden voneinander unabhängigen Vorschlägen von Dr. Bräuer, Berlin[1], und George Claude, Paris[2], ist gemeinsam der Gedanke, das zwischen Oberfläche und Tiefen von 500 ... 1000 m im tropischen Meer vorhandene Temperaturgefälle in Niederdruckdampfturbinen zur Elektrizitätserzeugung auszunutzen, wobei das Oberflächenwasser von 27 ... 30 ° C als Heizstoff, das durch mächtige Röhren, Stollen oder Schächte heraufzuholende Tiefenwasser als Kondensations-Kühlwasser verwendet werden soll. Verschieden ist dagegen der wärmetechnisch-mechanische Teil beider Vorschläge: Während Bräuer Ammoniaklösung oder Kohlensäure verdampfen will (wodurch er verhältnismäßig höhere Drucke, Druckfallhöhen und eine den gewöhnlichen Dampfkraftwerken näherkommende Bemessung und Gestaltung der Kessel, Kondensatoren und Dampfturbinen zu erhalten hofft), benutzt Claude das Warmwasser unmittelbar als Verdampfungsflüssigkeit. Er vermeidet dadurch die verlustbringende Wärmeübertragung durch die Kessel- und Kondensatorwandungen, muß dafür aber mit absolut äußerst niedrigen Drucken und Druckfallhöhen (0,03 ... 0,02 auf 0,01 at) arbeiten und daher ein sehr hohes Vakuum herstellen und unterhalten; auch werden seine Dampfturbinen sehr umfangreich ausfallen.

Ende vorigen Jahres[3] konnte nun Claude über eine systematisch vom Laboratoriums- zum Fabrik- und weiter zum Naturversuch geführte Reihe von Arbeiten berichten, deren Ergebnisse hier kurz mitgeteilt zu werden verdienen.

Nachdem ein erster Versuch, ausgeführt in Ougrée (Belgien) mit einer Turbine von 1 m Laufraddurchmesser und 5000 U/min, bei 20 ° C Temperaturunterschied 60 kW Nutzleistung (bei welchem Wasserverbrauch?) ergeben und Claude in der Überzeugung von der Durchführbarkeit der thermodynamischen Seite seiner Idee bestärkt hatte, brachte er die ganze Einrichtung nach der Insel Cuba, wo er in der Bucht von Matanzas einen geeigneten Platz zur Erstellung einer auch nach der hydraulischen Seite hin vervollständigten Versuchsanlage zu finden glaubte. Der ursprüngliche Plan sah die Verlegung eines 2000 m langen, 2 m weiten, dünnwandigen (2 mm) Stahlrohres von einem an der Küste zu errichtenden Pumpenschacht bis zu 600 m Meerestiefe vor. Die Herstellung dieser Kaltwasserfassung — von vornherein und grundsätzlich als der technisch und wirtschaftlich schwierigste und entscheidende Punkt im ganzen Problem zu bezeichnen — gelang erst nach zweimaligem Fehlschlag (Verlust zweier ganzer Rohrleitungen). Es sei dahingestellt, ob die Fehlschläge nicht wesentlich dadurch veranlaßt wurden, daß Claude es unterlassen hat, sich die auf dem Gebiete schwieriger Rohrversenkungen zahlreich vorhandenen, wenn auch unter anderen Bedingungen gewonnenen Erfahrungen durch Hinzuziehung kompetenter Fachleute zu sichern.

Ein mit anerkennenswerter Energie und Zähigkeit unternommener dritter Versuch glückte dann endlich; nicht ohne daß das — nun auf 1,6 m Lichtweite und 3 mm Wandstärke abgeänderte — Rohr allem Anschein nach infolge der Beanspruchungen durch die z. T. freihängende Verlegungsart über einem zu spät festgestellten unterseeischen Steilabhang starke Undichtigkeiten aufwies, die sich in, anders kaum zu erklärenden, starken Temperaturschwankungen des geförderten Wassers äußerten. Der Verbrauch an Kalt- und Warmwasser betrug anfänglich je 0,250, später nur noch 0,200 m³/s; dagegen wurde, um den wirklichen Betriebsverhältnissen einer Großanlage näher zu kommen und eine zu starke Erwärmung des geförderten Kaltwassers im Steigrohr zu verhüten, eine Gesamtförderung von 1,00 m³/s unterhalten (den Überschuß ließ man ins Meer laufen). Die dabei vom Steigrohr- bis zum äußeren Meeresspiegel zu überwindende geodätische Förderhöhe wurde festgestellt zu 2,40 m für Fließwiderstand und 0,6 m für Ausgleich der Verschiedenheit im spezifischen Gewicht des kalten Förderwassers gegenüber dem warmen Oberflächenwasser.

Bei festgestellten Anfangs- und im Betrieb erzielten Endtemperaturen der beiden Förderwasser von 27 auf 25 und 13 auf 15 ° C, also mit einer Temperaturfallhöhe von primär 14 und im Mittel 12 ° C, gelang es dann, die 50 kW-Turbine bei allerdings nur 3000 U/min auf 20, schließlich auf 22 kW Nutzleistung zu bringen.

Was besagt nun dieses Ergebnis? Zieht man die Pumpenantriebsleistung ab, die aufzuwenden ist, um 0,2 m³/s des Kaltwassers um 3,00 m zu heben und die Fließwiderstände zum, im und vom Kraftwerk für das Kalt- und Warmwasser zu überwinden (die für jede Wasserart auf nur 0,3 m geschätzt werden sollen), so ergibt sich ein Abzug von etwa $\frac{1000 \cdot 0{,}2 \cdot 1{,}03 \cdot 3{,}6}{102 \cdot 0{,}7 \cdot 0{,}85}$ = 12,2 kW. Diesem ist noch zuzuschlagen der Kraftbedarf der Vakuumpumpe, über den Claude nur sagt, daß er mit der von seinen Gegnern vorausgesagten schädlichen Gasausscheidung aus dem Seewasser erheblich kleiner geblieben sei als die erwarteten Maße, der aber doch mindestens mit 0,7 kW (3 %) anzusetzen sein wird (die festgestellte Gasausscheidung war 3 cm³ auf jeden Liter des Gebrauchswassers), so daß eine der möglichen Nettoabgabe ab Werk entsprechende Nettoleistung von nur 9 kW oder $100 \cdot \frac{9}{22} =$ rd. 40 % der Turbinennutzleistung übrig bleibt. Das entspricht, wenn man als aufgewandte Energie nur den Gleichwert zu den 2 ° C Temperaturverlust des Warmwassers (also nicht zur vollen verfügbaren Temperaturfallhöhe!) gegenüberstellt, einen wärmetechnisch-mechanischen Wirkungsgrad von nur 0,53 %! (Zum Vergleich: Bräuer errechnet für eine Ammoniakdampfanlage nach seinen Vorschlägen unter optimalen Verhältnissen einen höchsterreichbaren Wirkungsgrad von 2,3 %.) Gegenüber dem zunächst absolut sehr schlechten Ergebnis seiner Versuchsanlage weist aber Claude und gewiß weitgehend mit Recht auf folgende, das voraussichtliche Ergebnis einer Großanlage verbessernde Umstände hin:

1. Wird das Kaltwasser an günstigerer Stelle und aus größerer Tiefe (dies allerdings: mit wesentlich höheren Kosten! der Ber.) entnommen, also ein um 50 % höherer Temperaturunterschied erzielt; Claude glaubt sogar eine

[1] Deutsche Wasserwirtsch. v. 20. IV. 1926, Wasserkr. u. Wasserwirtsch. Bd. 7, S. 167 u. 177 (1927).
[2] ETZ 1929, S. 119.
[3] Comptes rendus des Séances de l'Acad. des Sciences, Paris, 3 ... 10. Nov. 1930, Bd. 191 S. 746 u. 810. Sur l'utilisation de l'énergie thermique des mers, Rev. Gén. de l'El. Bd. 29, S. 49, (1931).
[4] Power from the tropical Seas, Mech. Engg. Bd. 52 (1930), Nr. 12.

Verbesserung um 72 % erwarten zu dürfen, was aber wenig wahrscheinlich ist.

2. Die Verwendung größerer Rohre (oder besser Schächte! d. Ber.) wird den Fließwiderstand im Steigrohr bei gleicher Fließgeschwindigkeit des Wassers und zugleich den schädlichen Temperaturausgleich weiter vermindern; Claude hat (nach seiner Angabe) theoretisch nachgewiesen, daß die Nutzleistung seiner Anlagen mit dem Quadrat des nutzbaren Temperaturunterschiedes zunimmt.

3. Wird die ganze Maschinen-, Kessel- und Kondensatorenanlage, in großen Einheiten ausgeführt, erheblich höheren Gesamtwirkungsgrad aufweisen.

Claude glaubt aus allen diesen Gründen in seiner bei Santiago de Cuba geplanten Großanlage eine reine Nutzleistung von 500 kW je 1 m^3/s des Kaltwassers erzielen zu können. Auch wenn man von dieser sehr optimistischen Zahl nur ⅔ als auf Grund des Vorversuchs wahrscheinlich gelten läßt, würde das Ergebnis immer noch sehr gut zu nennen und durchaus geeignet sein, den Bau einer Versuchs-Großanlage von 25 000 kW zu rechtfertigen, den Claude jetzt vorbereitet. Für diese große Versuchsanlage rechnet er mit Erstellungskosten von 120 bis 160 $/kW, für die in allerletzter Linie geplante Riesenanlage von mehreren 100 000 kW glaubt er aber mit dem wohl zu niedrig angenommenen Satz von 60 $/kW auskommen zu können.

Ob hierbei und bei der augenscheinlich sehr optimistischen Beurteilung der allgemeinen Ausführungsbedingungen der großen Kraftwerke Claude die vor allem wichtige Frage der Kaltwasserzuführung in ihrer vollen Schwierigkeit richtig einschätzt, ist nach seinen bisherigen Veröffentlichungen zweifelhaft. Die Verlegung der von ihm vorgesehenen 5 m weiten dünnwandigen Eisenrohre wird immer im höchsten Grade riskant und ihre genügende Dauerhaftigkeit im Seewasser zweifelhaft sein. Es wäre daher im Interesse der Sache zu wünschen, daß Claude sich die Bräuerschen Vorschläge (Stollen und Schächte im durchlässigen Kalk von Koralleninseln niederzubringen) zur Förderung seiner im übrigen durchaus ernst zu nehmenden Pläne zunutze machte. (G. Claude, Rev. Gén. de l'El. Bd. 29, S. 49.) Adolf Ludin.

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33 II, Fernspr.: C 4 Wilhelm 8885 u. 8886 zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Einladung

zur außerordentlichen Sitzung des Elektrotechnischen Vereins, verbunden mit der 8. Hauptversammlung der Heinrich-Hertz-Gesellschaft zur Förderung des Funkwesens e. V., am Dienstag, dem 1. Dezember 1931, abends 7½ Uhr (pünktlich) in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, EB Hörsaal Nr. 301.

Tagesordnung:

1. Geschäftliche Angelegenheiten der Heinrich-Hertz-Gesellschaft.
2. Vorträge:
   a) Herr Prof. Dr. Leithäuser: „Über die Ausbreitung von Ultrakurzwellen in der Großstadt".
   b) Herr Prof. Dr. F. Schröter: „Die Übertragung von Halbtonbildern mittels kurzer Wellen".
   c) Herr Dipl.-Ing. W. Fehr: „Präzisionsverfahren zur Messung kurzer Wellen".

Die Mitglieder werden gebeten, ihre Mitgliedskarten beim Eintritt vorzuzeigen. Gastkarten für einzuführende Gäste sind in der Geschäftstelle erhältlich.

Nachsitzung im „Grand-Hotel am Knie" in Berlin-Charlottenburg, Bismarckstr 1.

Elektrotechnischer Verein e. V.
Der Vorsitzende:
Dr.-Ing. Feyerabend.

Einladung zum Bezug

des Buches: „Siebschaltungen" von Dr.-Ing. Wilhelm Cauer, herausgegeben mit Unterstützung des Elektrotechnischen Vereins e. V., mit 19 Abbildungen, 14 Tabellen und 68 Tafeln. 1931. (VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin NW 7.)

Ermäßigter Preis für Mitglieder des EV.: RM 12,60.

Dieses mit Unterstützung des Elektrotechnischen Vereins erschienene Werk ermöglicht den Entwurf und die Herstellung von Siebschaltungen, die bestimmte Frequenzbereiche durchlassen, andere dagegen sperren. Während die bekannten Siebketten so berechnet werden, daß der Dämpfungsverlauf gewisse erwünschte Eigenschaften hat, wobei zur Anpassung des Wellenwiderstandes noch besondere Zusatzschaltungen erforderlich sind, werden hier ganz allgemein die Schaltungen angegeben, die die gestellten Bedingungen mit möglichst geringem Aufwand an Spulen und Kondensatoren erfüllen. Dabei können schärfere Anforderungen gestellt werden als bisher üblich, z. B. eine beliebig geringe Schwankung des Wellenwiderstandes in den Durchlaßbereichen. Der Text bringt nicht die allgemeine Theorie, sondern nur deren Ergebnisse; die Tafeln zeigen den Dämpfungs- und Wellenwiderstandsgang der einzelnen Klassen von Siebschaltungen, wobei die niedrigste Klasse der einfachsten Schaltung entspricht. Man kann so jede Siebschaltungsaufgabe der Praxis mit einem Minimum an Rechenarbeit in praktisch optimaler Weise lösen.

Überall da, wo die Siebketten sich Eingang verschafft haben, also in allen Zweigen der Nachrichtentechnik sowie im Meßwesen, wird das neue Werk sich nützlich erweisen.

Bestellungen auf das Buch nimmt die Geschäftstelle des Elektrotechnischen Vereins in Bln.-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 II, entgegen.

Elektrotechnischer Verein.
Der Generalsekretär:
Dr. Schmidt.

Einladung

zur Fachsitzung für Installationstechnik (EVI) am Donnerstag, dem 3. Dezember 1931, 7½ Uhr abends, in der Aula der Technischen Hochschule zu Charlottenburg.

Tagesordnung:

Vortrag des Herrn Obering. Grosse über das Thema: „Akustische und optische Signaleinrichtungen" (mit zahlreichen Lichtbildern).

Inhaltsangabe:

Aufbau der Geber: a) handbetätigte Geber: Tasten, Schalter; b) automatisch betätigte Geber: Türkontakt, Fadenkontakt, Thermokontakt, Lichtrelais; c) Magnetschalter, Vakuumkontakt.

Aufbau der Empfänger: I. akustisch: a) Gleichstromwecker; b) Wechselstromwecker; c) Hupen und Schnarren. II. optisch: a) Signallampen; b) Ruftafeln.

Schaltungen von Signalanlagen: a) einfache akustische Anlagen; b) optische Anlagen; c) Arbeitsstrom und Ruhestrom.

Stromquellen: a) Primärelemente und Sammler; b) Ladegeräte, Gleichrichter; c) Netzanschluß, Verbandsvorschriften.

Leitungsverlegung und Montage: Beispiele ausgeführter Anlagen, Verbandsvorschriften.

Gäste willkommen!

Nachsitzung im „Grand-Hotel am Knie", Charlottenburg, Bismarckstr. 1.

Fachausschuß für Installationstechnik.
Der Vorsitzende:
Baumann.

SITZUNGSKALENDER.

Elektrotechn. Verein Braunschweig. 2. XII. 1931, abds. 8 h, Hörsaal des Hochspannungsinst. der T. H., Eingang Hamburger Str. 307: Vortrag Dr.-Ing. H. Probst, „Über moderne Schaltanlagen".

Dresdner Elektrotechn. Verein. 26. XI. 1931, abds. 7½ h, Gr. Hörsaal des El. Inst. der T. H.: Vortrag Dr.-Ing. A. L. Müller, „Regeltransformatoren".

Elektrotechn. Gesellschaft Frankfurt a. M. 2. XII. 1931, abds. 8 h, Hörsaal der Kunstgewerbeschule, Neue Mainzerstraße 47: Lichtbildervortrag Dr.-Ing. G. Meyer, „Wie denkt der Konstrukteur und Erfinder?"

Elektrotechn. Gesellschaft Hannover. 1. XII. 1931, abds. 8 h, Hörsaal 151 des El. Inst. der T. H.: Vortrag Dipl.-Ing. Kroell, „Bau und Aufstellung gr. Drehstromgeneratoren in Wasserkraftanlagen" (m. Film).

Deutsche Gesellschaft für technische Physik und Physikalische Gesellschaft zu Berlin. 27. XI. 1931, abds. 7½ h, gr. Hörsaal des neuen Phys. Inst. der T. H.: a) G. Hertz „Das neue Phys. Inst. der T. H. (m. Lichtb. u. Vorführ.); b) G. Hertz, „Ein neuer Vorlesungsversuch über el. Wellen" (n. Vers. v. R. Ramshorn); c) Rundgang durch das neue Institut.

Südwestdeutsche Lichttechnische Gesellschaft, Karlsruhe. 28. XI. 1931, vorm. 10 h, gr. Hörsaal des El. Inst. der T. H.: 10. Jahresveersamml. in Verbindung mit einer Gedenkfeier des 10 jähr. Bestehens des Lichttechn. Inst. der T. H. a) Vortrag Prof. Dr. J. Teichmüller, „10 Jahre Lichttechnik"; b) Bericht über einige Arbeiten des Lichttechn. Inst.; c) 4 Vorträge über „Meine lichttechn. Ausbildung und Praxis"; d) Aussprache. Anschl. Geselliges Beisammensein mit Vortrag Prof. Teichmüller „Lichttechnisches und Nichttechnisches" von seinen Reisen im Ausland.

Deutscher Wasserwirtschafts- u. Wasserkraft-Verband, Berlin. 2. XII. 1931, nachm. 5 h, gr. Saal des Ingenieurhauses: Lichtbildervortrag Dr.-Ing. E. Link, „Die Sorpetalsperre und die untere Versetalsperre im Ruhrgebiet als Beispiele hoher Erdstaudämme in neuzeitlicher Bauweise." Diskussion.

LITERATUR.

Besprechungen.

Lehrgang zur planmäßigen praktischen Ausbildung der Elektro-Installateure, Teil 1, herausg. vom Deutschen Ausschuß für Technisches Schulwesen (Datsch). Mit 14 S. in 8° u. 56 Mustertaf. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1929. Preis 2,50 RM.

Der Lehrgang bildet einen Leitfaden für jeden, der sich mit den Ausbildungsfragen für Lehrlinge des Elektro-Installationsgewerbes befaßt. Der Elektroinstallateur wird in der Hauptsache aus einzelnen Fertigfabrikaten Gebrauchsanlagen zusammenstellen, aber diese Fertigfabrikate nicht selber herstellen, sondern sie beziehen. Er muß jedoch in der Lage sein, kleine Teile zu ergänzen, die nötigen Werkzeuge herzustellen und Reparaturen auszuführen. Aus diesem Grunde besteht der Lehrgang vor allem im vorliegenden ersten Teil aus zahlreichen Fertigkeiten in der Metallbearbeitung. Der noch in Bearbeitung befindliche zweite Teil wird Beispiele für Installationen und Verarbeitung von Installationsmaterial enthalten, die sowohl in der Werkstatt, als auch auf der Montage ausgeführt werden können. Der dritte Teil wird Anschlüsse, Reparaturen und Fehlersuchen an Maschinen und auf Montage behandeln. Bei der Vielseitigkeit des Berufes und der Ausbildungsmöglichkeiten ist naturgemäß dem Lehrherrn oder den sonstigen Ausbildungstätten keine strenge Bindung an den vorliegenden Lehrgang und seine Reihenfolge möglich oder erforderlich. Vielmehr wird jeder Betrieb nach seiner Eigenart davon Gebrauch machen können. Zunächst wird jedoch mit der Beschaffung des ersten Teiles begonnen werden müssen, dem sich die beiden folgenden sinngemäß anschließen werden. K. Krohne.

Lehrbuch der praktischen Physik. Von F. Kohlrausch. 16., stark verm. Aufl. Mit 395 Fig. i. Text, XXX u. 860 S. in 8°. Verlag B. G. Teubner, Leipzig u. Berlin 1930. Preis geh. 23 RM, geb. 26 RM.

Es dürfte wenige Bücher geben, die auf die Ausbildung der heute lebenden Physikergeneration einen solchen Einfluß wie der „Kohlrausch" gehabt haben. Für den Anfänger ist er das in die praktische Arbeit einführende Werk gewesen und geblieben; für den Fortgeschrittenen ist er das unentbehrliche Nachschlagewerk. Die unermüdliche Arbeit Kohlrauschs selbst und der jetzigen Bearbeiter haben das Buch immer wieder dem neuesten Stand der Forschung angepaßt. In der neuen Auflage wurden erneuert oder erweitert hauptsächlich die Abschnitte: Temperaturskala, Schallintensität in Gasen, Spektralanalyse, optische Instrumente, Erzeugung und Untersuchung elliptischen Lichtes, Photometrie, Wärmestrahlung, Leitvermögen von Elektrolyten, Lichtgeschwindigkeit, elektrische Schwingungen, Kathoden- und Kanalstrahlen, Röntgenstrahlen, Radioaktivität. Bedauerlich, aber wohl unvermeidlich ist das weitere Anwachsen des Umfanges, der trotz mancher Kürzungen und Streichungen sich jetzt auf 860 Seiten beläuft. Es wäre schade, wenn das Buch seinen einzigartigen Charakter, vom Anfängerpraktikum bis zum Forscherlaboratorium zu führen, unter der Fülle des immer neu hinzudrängenden Stoffes verlieren müßte. W. Bauer.

Das ultrarote Spektrum. Von Prof. Dr. C. Schefer u. Dr. F. Matossi. (Struktur der Materie in Einzeldarstellungen. Herausg. v. M. Born u. J. Franck, Bd. X.) Mit 161 Abb., VI u. 400 S. in 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1930. Preis geh. 28 RM, geb. 29,80 RM.

Diese erste deutsche Zusammenfassung der Forschungen auf dem Gebiete der Ultrarot-Spektroskopie füllt eine empfindliche Lücke aus. Während die Anregung der Elektronen eines Moleküls meist nur mit sichtbarem oder ultraviolettem Licht möglich ist, ist die Energie der Schwingungen der Atomkerne im Molekül und die der Molekülrotation so viel kleiner, daß ultrarote Strahlung, also Wärmestrahlung, dazu ausreicht. Die Eigenfrequenzen dieser Molekülbewegungen liegen daher in diesem Gebiet. Die Ultrarot-Spektroskopie vermittelt uns die Kenntnis dieser Molekülkonstanten, aus denen sich die Trägheitsmomente und die Konfiguration der Atome im Molekül ableiten lassen. Die Vollkommenheit des Werkes wird dadurch gewahrt, daß sowohl die experimentellen Einzelheiten als auch die Theorie und die Ergebnisse mit gleicher Liebe und Klarheit dargestellt sind. Da an dieser Stelle ein ausführliches Referat unmöglich ist, sei nur noch kurz auf einige allgemein-interessante Einzelheiten hingewiesen. Es ergibt sich z. B., daß das Carbonation CO_3'' ein Tetraeder darstellt, das jedoch, je nach der Kristallstruktur der untersuchten Stoffe, in bestimmter Weise deformiert ist, eine Aussage, die über die Ergebnisse der Röntgenspektroskopie hinausgeht. Ähnlich liegen die Verhältnisse beim Nitrat- und Chloration. Für den Elektrotechniker werden noch die Kapitel besonders interessant sein, in denen die Strahlungstheorie und ihr Verhältnis zur Maxwellschen Theorie ausführlich dargestellt sind. Wie es sich bei den Autoren eines der besten Lehrbücher der theoretischen Physik von selbst versteht, ist über die pädagogische Anordnung und die meisterhafte Darstellung kein Wort zu verlieren. R. Samuel.

Das Patentgesetz vom 7. April 1891 auf der Grundlage des Robolskischen Kommentars neubearb. v. Dr. H. Krauße. (Taschengesetzsamml. 12.) Mit VIII u. 400 S. in 8°. Carl Heymanns Verlag, Berlin 1931. Preis geb. 15 RM.

Der Verfasser will nach seinem Vorwort einen Kommentar kleinen bis mittleren Umfangs, bearbeitet vom Standpunkte des Zivilrichters aus, schaffen. Dies ist ihm nicht nur in vollstem Maße gelungen, sondern er gibt weit darüber hinaus ein ganz ausgezeichnetes Nachschlagewerk für alle mit dem gewerblichen Rechtsschutz befaßten Personen. In einer außerordentlich klaren und sachlich wie drucktechnisch ungewöhnlich übersichtlichen Weise ist der Stoff in allen irgendwie wesentlichen Fragen vollständig, aber ohne unnötige Langatmigkeit behandelt. Die Literatur ist weitgehend, aber auf das wirklich wesentliche beschränkt, zitiert. Knapp, aber immer gut verständlich wird über Rechtsprechung und Kommentatoren referiert, wobei in einer Reihe von Fällen der Verfasser seine von der Reichsgerichtspraxis abweichende Stellungnahme in prägnanter und interessanter Weise begründet. An den eigentlichen Kommentar schließen sich die Texte der Gesetze, Verordnungen und internationalen Abkommen usw. sowie ein sehr reichhaltiges und sorgfältig bearbeitetes Sachverzeichnis, das das Auffinden bestimmter Stellen sehr erleichtert. Der Kommentar ist deshalb als wertvolles Orientierungsmittel nicht nur für Richter, Patent- und Rechtsanwälte, sondern auch ganz besonders für die Bibliotheken der Industriewerke zu empfehlen. H. Herzfeld.

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Der elektrotechnische Außenhandel der UdSSR im Jahr 1930[1]. — Die Einfuhr elektrotechnischer Erzeugnisse über alle Grenzen der UdSSR betrug 4,65 % des Gesamtimports gegenüber 3,9 % im Jahr 1929. Da der Anfang des Wirtschaftsjahres seit 1931 auf den 1. I. festgesetzt worden ist, enthalten die Zahlentafeln Angaben für die vollen Kalenderjahre 1929 bzw. 1930. Um aber den Vergleich mit den vorhergehenden Jahren zu ermöglichen, wurde noch eine Spalte für das Wirtschaftsjahr 1929/1930 (1. X./30. IX.) beigefügt. In den folgenden Übersichten ist, wie auch früher, der Wert zu Gegenwartspreisen in Tscherwonezrubeln cif Einfuhrhafen oder franko Sowjetgrenze angegeben[2].

Zahlentafel 1. Elektroeinfuhr der UdSSR.

Erzeugnisse	1930		1929		1929/30	
	Menge t	Wert 1000 Rbl	Menge t	Wert 1000 Rbl	Menge t	Wert 1000 Rbl
Maschinen	7 168	11 360	5 525	9 438	6 895	11 240
Transformatoren	4 953	7 230	1 291	2 326	4 546	6 478
Einzelteile	886	1 607	382	860	731	1 275
Apparate	7 235	19 019	3 775	11 365	6 937	18 451
Kabel und Drähte	424	463	741	680	586	608
Glühlampen	4	90	5	127	4	113
Montagematerial	190	454	218	497	209	490
Kohlenerzeugnisse	3 453	1 862	1 101	652	2 921	1 655
Meßapparate	306	2 628	173	2 601	317	2 960
Akkumulatoren und Elemente	246	992	165	746	234	794
Schwachstromvorrichtungen	143	1 221	313	3 426	190	2 234
Elektromedizinische Waren	56	424	77	663	75	560
Isolatoren	415	625	556	557	475	618
Elektrische Lokomotiven, Schweißapparate usw.	630	1 243	306	626	641	1 303
Verschiedenes	2	12	54	72	21	28
Summe	26 111	49 230	14 682	34 636	24 782	48 807

Die Einfuhr von Maschinen, Transformatoren und Apparaten sowie von Einzelteilen, Schweißvorrichtungen und Kohlenerzeugnissen ist gegen 1929 merklich gestiegen, während der Import von Maschinen kleiner Leistung, Widerständen aller Art, Fernsprech- und Radioapparaten sowie von elektromedizinischen Waren eine Abnahme aufweist. Der Anteil einzelner Herkunftsländer ist in Zahlentafel 2 dargestellt; die Angaben umfassen alle Gruppen mit Ausnahme von Kabeln und Drähten.

Zahlentafel 2. Anteile der Herkunftsländer.

Herkunftsländer	1930		1929		1929/30	
	Menge t	Wert 1000Rbl	Menge t	Wert 1000Rbl	Menge t	Wert 1000Rbl
Deutschland	11 916	21 430	6 717	16 490	10 475	20 474
%	46,2	44,4	48,2	48,6	43,2	42,5
V. S. Amerika	6 456	12 234	1 612	5 427	6 661	13 012
%	25,2	25,0	11,6	16,0	27,6	27,1
England	2 097	3 651	1 380	3 332	1 755	3 456
%	7,9	7,2	9,9	9,9	7,3	7,2
Österreich	1 713	3 308	1 257	3 054	1 835	3 692
%	6,8	6,7	9,0	8,8	7,6	7,6
Schweiz	725	2 735	239	732	789	2 458
%	2,9	5,5	1,7	2,2	3,3	4,9
Schweden	890	1 896	1 341	2 763	1 019	1 872
%	3,5	4,0	9,6	8,2	4,2	3,9
Frankreich	701	1 702	772	1 086	718	1 760
%	2,8	3,4	5,5	3,2	2,9	3,7
Übrige Länder	1 191	1 814	624	1 072	953	1 476
%	4,7	3,8	4,5	3,1	3,9	3,1
Summe	25 689	48 770	13 942	33 956	24 205	48 200

Man sieht daraus, daß die Hauptmasse der Waren aus Deutschland und den V. S. Amerika bezogen worden ist. Trotz des absoluten Wachstums der deutschen Einfuhr ist ihr prozentualer Anteil gesunken, während der amerikanische zugenommen hat. Bemerkenswert ist die Vergrößerung des Imports aus der Schweiz. Die Rolle, welche im vorigen Jahr Schweden als Herkunftsland spielte, war 1930 wesentlich geringer.

Die Ausfuhr betrug im Berichtsjahr 148 t im Wert von 375 000 Rbl gegenüber 312 t und 544 000 Rbl, die sich 1929 ergaben; 1929/1930 stellte sie sich auf 149 t bzw. 362 000 Rubel. N. Dehn.

Ergebnisse österreichischer Elektrizitätsgesellschaften[3]. — Bei den Österreichischen Siemens-Schuckert-Werken, Wien, hat 1930 der Bestellungseingang wohl nachgelassen, aber nicht in dem der ungünstigen allgemeinen Wirtschaftslage entsprechenden Ausmaß. Die Ausfuhr ist nicht zurückgegangen. Der Abteilung Zentralen wurden weniger Aufträge zuteil als im Vorjahr; die Verwirklichung der vielen in letzter Zeit aufgetauchten Ausbaupläne für die österreichischen Großwasserkräfte ist nach Ansicht des Vorstandes in weite Ferne gerückt, weil das für die Aufnahme so großer Energiemengen in erster Linie in Frage kommende Deutsche Reich seine eigene Stromerzeugung infolge der Krise eingeschränkt habe und eine Sicherstellung des Stromabsatzes für die nächste Zukunft z. Z. unmöglich erscheine. Am meisten in Mitleidenschaft gezogen wurde die Abteilung Industrie, doch hat die Verwertung der Elektrowärme vorwiegend bei der Metallindustrie ständig zugenommen. Die Auftragsumme der Abteilung Bahnen war nicht so groß wie in früheren Jahren, weil die Einstellung der Elektrisierung der Bundesbahnen schon 1929 einen empfindlichen Ausfall verursacht hatte. Auch der Abteilung für Kleinfabrikate ist es diesmal nicht möglich gewesen, den Umsatz des Vorjahres zu erreichen. Das Kabelwerk nebst dem angeschlossenen Metallwerk ließ sich im Berichtsjahr nicht voll beschäftigen, arbeitete aber Mitte 1931 wieder mit ungekürzter Arbeitszeit. Rohgewinn: 16 052 267 S (17 431 750 i. V.), Reingewinn: 3 335 057 S (3 452 961 i. V.), Dividende: wieder 8 % auf 35 Mill S AK.

Wie die „Elin“ AG. für elektrische Industrie, Wien, für 1930 berichtet, war die rückläufige Bewegung des Geschäfts im Inland größer als im Ausland, „eine bedauerliche Folge des Umstandes, daß die öffentliche Hand mit Bestellungen zurückhielt, statt gerade in Zeiten einer besonderen Krise durch eine großzügige Investitionspolitik der Wirtschaft den nötigen Impuls zu geben“. Die Betriebstätten in Weiz und Wien haben i. a. zufriedenstellend gearbeitet. Die Eigenfabrikation von Leuchtröhren wurde aufgenommen. Verhältnismäßig gut beschäftigt war die Apparatefabrik, und ebenso wird die Tätigkeit der Maschinen- und Metallwerke, vorm. A. F. Bechmann, Inzersdorf, als ausreichend bezeichnet. Die Gleichrichterfabrik war während des ganzen Jahres fast vollständig für das Ausland mit Arbeit versehen; ihr ist die neue Neonröhrenherstellung angegliedert worden. Da die Möllersdorfer Eisengießerei G. m. b. H. infolge der Verdrängung des Graugusses durch die Elektroschweißung bei den von der „Elin“ erzeugten elektrischen Maschinen an Aufträgen Mangel litt, hat man sie mit einer andern Gießerei vereinigt. Die Glühlampenmarke „Elix“ der Allgemeinen Glühlampenfabriks-AG., Wien, konnte sich einen Platz am Markt erobern. Noch gut beschäftigt war das Büro für Großkraftanlagen, und die Bahnabteilung hat u. a. gemeinschaftlich mit den österreichischen Brown-Boveri-Werken einen Auftrag der Bundesbahnen auf neun Lokomotiven erhalten, doch machte sich hier das Abflauen der Konjunktur besonders geltend. Die inländischen Verkaufsorganisationen litten unter der Drosselung der privaten und öffentlichen Investitionstätigkeit, während sich das Auslandsgeschäft trotz der Krise nicht nur auf dem bisherigen Gesamtniveau halten, sondern sogar in einzelnen Ländern und im Vertrieb von Spezialerzeugnissen steigern ließ. Erträgnisse: 7525499 S (7627106 i. V.), Reingewinn mit Vortrag: 855231 S (1 092 567 i. V.), Dividende: 8 % auf 8,75 Mill S AK. (10 % i. V.).

Ein Plan G. Swopes zur Stabilisierung der Industrie. — Im September hat der Präsident der General Electric Co., G. Swope, der National Electrical Manufacturers' Association einen Plan für die Stabilisierung der Industrie vorgelegt, der in den letzten Wochen lebhaft diskutiert worden ist. Danach sollen alle Industrie- und Handelsgesellschaften mit 50 oder mehr Beschäftigten eine unter staatlicher Aufsicht stehende „trade association“ bilden, und diese Verbände haben nun die Aufgabe, alles erforderliche zu tun, um nach Möglichkeit für die Industrie stabile Verhältnisse und für die Arbeitnehmer dauernde Beschäftigung zu sichern. Im Interesse dieser sieht der Plan Swopes ferner eine unter öffentlicher Kontrolle stehende Lebens-, Invaliditäts-, Alters- und Arbeitslosenversicherung vor, deren Kosten sowohl von den Arbeitgebern wie von den Arbeitnehmern getragen werden. Die Einzelheiten des interessanten Plans finden sich in der Gen. El Rev. Bd. 34 (1931), S. 543.

Bezugsquellenverzeichnis.

Frage 40: Wer stellt Tageslichtlampen mit Flüssigkeitsfilter her?

Frage 41: Wer baut Signierapparate in Form eines Füllfederhalters?

Frage 42: Wer stellt das Vertex-Schaltschütz her?

Abschluß des Heftes: 21. November 1931.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 16 250 Expl.

[1] Vgl. ETZ 1930, S. 628.
[2] Nach „Der Außenhandel der UdSSR“, 1930, N 7 (66), Moskau 1930.
[3] Vgl. ETZ 1930, S. 1604.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin. Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

ETZ

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

INHALT

49. HEFT · 52. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

(1481—1508) 3. DEZEMBER 1931

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

52. Jahrgang | Berlin, 3. Dezember 1931 | Heft 49

VDE-Fachberichte 1931.

Die VDE-Fachberichte 1931 der XXXV. Jahresversammlung des VDE in Frankfurt a. M. sind soeben erschienen. Der Inhalt des Heftes gibt die auf der Elektrotagung am 22. und 23. Juni 1931 in der Handelskammer in Frankfurt a. M. gehaltenen Fachberichte nebst den anschließenden Besprechungen wieder. Das Heft umfaßt 184 Seiten im Format DIN A 4 und enthält etwa 330 Abbildungen sowie rund 20 Tabellen. Die Preise sind:

Für Mitglieder des VDE geheftet . . . . 9,— RM,
„ „ „ „ gebunden . . . . 10,50 „ ,
für Nichtmitglieder geheftet . . . . 12,— „ ,
„ „ gebunden . . . . 14,— „ ,
Versandkosten extra . . . . 0,50 „ .

Bestellungen bitten wir umgehend an die Verlagsabteilung des VDE, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33, zu richten. Der Versand erfolgt sofort.

Verband Deutscher Elektrotechniker e. V.

Der Generalsekretär:
P. Schirp.

Die dreiphasige Transformation in Amerika und in Europa*.

Von Dr. techn. **Milan Vidmar**, ord. Professor an der jugoslawischen Universität Ljubljana (Laibach).

Übersicht. Der amerikanische dreiphasige Transformator wird aus drei einphasigen Einheiten zusammengesetzt. Der Unterschied zwischen der amerikanischen und der europäischen dreiphasigen Transformation ist deshalb bedeutend, der Vergleich der beiden Transformationsarten ist jedenfalls ein wichtiges elektrotechnisches Problem. Es wird gezeigt, daß wirtschaftliche Erwägungen allein kein abschließendes Urteil in der einen oder in der anderen Richtung gestatten. Deshalb wird das Verhalten beider Bauarten im Betrieb eingehend untersucht. Unsymmetrien des zu transformierenden dreiphasigen Systems, Unsymmetrien, die im Transformator selbst liegen, einseitige Belastungen, Verzerrungen der Spannungskurven werden berücksichtigt. Es zeigt sich, daß die beiden Transformationsarten eine versteckte Verbindung mit der Behandlung des Nullpunktes des Transformators haben. Es wird nachgewiesen, daß der amerikanische dreiphasige Transformator ohne primären Nullleiter nicht arbeiten kann, daß jedoch anderseits der europäische dreiphasige Transformator besser ohne Nulleiter erregt wird. Die Aufdeckung des Zusammenhanges zwischen dem Problem der Transformationsart und der Erdungsfrage gibt dem behandelten Problem eine besondere Bedeutung und klärt in überraschender Weise die beiderseitigen stark auseinandergehenden Standpunkte. Sie macht darauf aufmerksam, daß die Erdungsfrage kein reines Betriebsproblem ist, sondern in den Transformatorenbau hineingreift. Die Arbeit zeigt, daß ein bedeutender Unterschied zwischen der Transformierung der verketteten und der Transformierung der Phasenspannungen besteht. Sie weist ihn in den beiden Transformationsarten, der amerikanischen und der europäischen, nach und kommt zu dem Schlußurteil, daß wir in Europa doch besser transformieren.

Sehr früh gingen schon die Wege des amerikanischen und des europäischen Transformatorenbaues auseinander. Stärker als in den übrigen Zweigen der Elektrotechnik setzten sich im Laufe der Zeit eigene Anschauungen diesseits und jenseits des Ozeans im Transformatorenbau durch. Lange schien es, als wären wir hier und dort überhaupt nicht bereit, uns umeinander zu kümmern.

Vielleicht ist es richtig gewesen, erst eine gewisse Reife abzuwarten, bevor wertvolle Vergleiche angestellt wurden. Die Reife ist aber jetzt unzweifelhaft da. Es machen sich auch im letzten Jahrzehnt bereits Annäherungen, gegenseitige Beeinflussungen bemerkbar. Immer aber gibt es noch grundsätzliche Unterschiede, die eine gemeinsame Arbeit auf der ganzen Linie unmöglich machen. Der größte, am tiefsten einschneidende Unterschied liegt wohl in der Bauart der dreiphasigen Transformatoren. Wir halten unentwegt am allen drei Phasen gemeinsamen Eisenkern fest, wir bauen fast ausschließlich wirkliche dreiphasige Transformatoren, die Amerikaner sind beim einphasigen Transformator stehengeblieben und verwenden 3 Transformatoren für dreiphasige Systeme. Ihre „transformer bank" zerfällt in drei vollständig voneinander unabhängige Einheiten.

Es ist merkwürdig, wie wenig sich bisher die Theorie um diese grundlegende Frage gekümmert hat. Meist wird sie ganz kurz mit oberflächlichen wirtschaftlichen Erklärungsversuchen abgetan. Es wurde wohl hie und da bei Behandlung von Sonderproblemen auf das verschiedene elektrische Verhalten der beiden Bauarten hingewiesen, es fehlt aber eine klare Beschreibung des Wesentlichen, ein gründlicher Vergleich Hier soll er versucht werden: er ist nachgerade von großer praktischer Bedeutung geworden.

I.

Natürlich kann man ihn mit der Kostenfrage beginnen, obwohl man ihn damit nicht im entferntesten beendigen kann. Es empfiehlt sich sogar, vor allem nachzusehen, wie die Kostenfrage steht. Wir behaupten immer, daß ein dreiphasiger Transformator billiger sei als drei einphasige für die gleiche Gesamtleistung. Die Amerikaner leugnen es. Wo liegt also die Wahrheit?

Nehmen wir einem dreiphasigen Transformator eine Säule samt ihrer Wicklung und außerdem die beiden zur Säule gehörigen Jochstücke weg, so bleibt ein einphasiger Transformator übrig, der zwei Drittel der ursprünglichen Leistung bewältigt. Er kostet etwas weniger als zwei Drittel des Preises, um den der ursprüngliche dreiphasige zu haben war, weil etwas mehr als ein Drittel des Jocheisens weggenommen wurde. Aber die Ausrüstung: der Ölkessel, das Öl und das Gestell des Transformators, geht wohl nicht ganz auf zwei Drittel zurück. Ohne einen großen Fehler zu machen, kann man behaupten, daß die

* Vortrag, gehalten im Elektrotechnischen Verein am 19. V. 1931. Die Besprechung wird in einem der nächsten Hefte veröffentlicht werden.

Herstellungskosten proportional mit der Leistung kleiner geworden sind.

Um nun aus dem zurechtgestutzten Einphasentransformator den für den richtigen Kostenvergleich notwendigen zu erhalten, der nur ein Drittel der Leistung des ursprünglichen dreiphasigen hat, müssen wir alle Abmessungen $\sqrt[4]{2}$ mal verkleinern. Die Leistung wächst nämlich mit der vierten Potenz der Abmessungen, wenn die Strom- und die Liniendichte unverändert bleiben.

Die Gewichte fallen natürlich nur mit der dritten Potenz der Abmessungen. Auf die Leistungseinheit bezogen, werden nach alldem die drei kleinen einphasigen Transformatoren $\sqrt[4]{2}$ mal teurer sein als der dreiphasige mit der gleichen Gesamtleistung. Es zeigt sich somit, daß der europäische dreiphasige Transformator 1,19mal weniger kostet als die entsprechende amerikanische „Transformatorenbank".

Diese Tatsache wird in Amerika nicht bestritten. Bemängelt wird nur die Vergleichsgrundlage. Der Transformator, so oder so gebaut, einheitlich oder zusammengesetzt, sei noch nicht arbeitsfähig. Der Betrieb verlange ausreichende Reserven. Ganz besonders könne man normal gar nicht ordentlich transformieren, wenn neben dem arbeitenden Transformator nicht auch ein ausreichender Reservetransformator steht. Die Häufigkeit von Betriebsunfällen in Transformatorenstationen sei zu groß.

Der „Safety-first"-Standpunkt ist natürlich kein amerikanisches Vorurteil, auch kein amerikanisches Vorrecht. Wir haben in Europa bestimmt das gleiche Verständnis für die Notwendigkeit von ausreichenden Betriebsreserven. Wir werden deshalb jedenfalls auf den praktisch begründeten besseren Vergleich unserer Bauart mit der amerikanischen eingehen müssen, wir werden die Behauptung berücksichtigen müssen, daß es vollkommen genüge, neben die drei einphasigen Transformatoren einer „Bank" noch einen vierten, gleich großen Reservetransformator zu stellen, während wir dem einheitlichen Dreiphasentransformator noch einen ganzen Ersatztransformator für die volle Leistung beistellen müßten.

Die amerikanische Vergleichsrechnung würde nach alledem folgende Form annehmen. Vier einphasige Transformatoren von je einem Drittel der gewünschten Gesamtleistung kosten

$$\frac{1}{3} \cdot 4 \cdot \sqrt[4]{2} = 1{,}59 \text{ mal}$$

so viel als unser dreiphasiger Transformator für die gewünschte Leistung. Die vollständige Betriebsgruppe, bestehend aus zwei dreiphasigen Transformatoren für die volle Leistung, ist natürlich

$$\frac{2}{1{,}59} = 1{,}25 \text{ mal}$$

teurer. Das amerikanische System wäre demnach erheblich billiger.

Man kann ruhig anerkennen, daß in Amerika der vierte Transformator als Reserve vollkommen genügt. Man braucht aber nicht sofort zuzugeben, daß wir in Europa tatsächlich 100 % Reserve brauchen. Auch ein schwächerer Transformator kann im Augenblick des Betriebsunfalles einspringen; bis er sich erwärmt, wird er aus dem großen Netz schon den richtigen Ersatz bekommen können. Die Rechnung ist also nicht vollständig überzeugend, sie ist weniger als das: sie ist geradezu falsch. Sie berücksichtigt einen sehr wichtigen Umstand in keiner Weise. Für die Transformation sind nämlich nicht nur die Kosten des Anlagekapitals maßgebend. Auch die Energieverluste der Transformatoren müssen beachtet werden.

Nehmen wir einen Transformator für 100 kVA. Er koste 2000 RM und habe 3 % Verluste. Die Verzinsung und Tilgung des in ihm angelegten Kapitals werden jährlich etwa 300 RM erfordern. Bei 2000stündigem Betrieb werden 6000 kWh verloren gehen. Die Transformation wird somit insgesamt bestimmt 600 RM jährlich kosten, die Verluste sind ebenso wichtig wie der Anschaffungspreis.

Bei festgehaltenen Strom- und Liniendichten wachsen die Verluste im Transformator genau so wie die Gewichte, d. h. so wie die Herstellungskosten. Die einphasige Transformatorengruppe ist demnach nicht nur, wie oben festgestellt, $\sqrt[4]{2}$ mal teurer als der dreiphasige Transformator derselben Gesamtleistung, sie hat auch $\sqrt[4]{2}$ mal so große Verluste.

Wir transformieren also doch nicht teurer als die Amerikaner, selbst wenn wir mit 100 % Reserve arbeiten wollen, während die Amerikaner sich mit 33⅓ % begnügen. Die Transformationskosten sind in Amerika ungefähr ebenso hoch wie in Europa. Der wirtschaftliche Vergleich bringt keine Entscheidung.

Vielleicht ist die durchgeführte Richtigstellung des wirtschaftlichen Abwägens der beiden Transformationsarten, obwohl sie zu keinem entscheidenden Ergebnis führt, der wahre Angelpunkt des hier behandelten Problems, zeigt sie doch, daß man nicht kurzsichtig an den unmittelbar bemerkbaren Kosten hängen bleiben darf. Der nicht arbeitende Transformator interessiert uns nicht. Die Arbeit bringt aber vieles, was berücksichtigt werden muß, vor allem die Energieverluste. Aber die Energieverluste der Transformation sind noch nicht alles. Leichtfertig wäre es anzunehmen, daß im lebendigen Betrieb sonst nichts mehr vorkommen könne, was Geld kostet. Die Berücksichtigung der im Transformator verbrauchten Energie ist nur der erste, allerdings große Schritt zum Ziele, dem die sorgfältige Untersuchung zustreben muß.

Wäre der Transformationsbetrieb ideal, fehlerfrei, so wie man ihn immer haben möchte, könnte man allerdings bei der Feststellung stehen bleiben, daß einmal die amerikanische, das andere Mal wieder die europäische dreiphasige Transformation billiger sein wird. Die oben durchgeführte Rechnung zeigt doch, daß es sehr darauf ankommt, wie lange der Transformator unter Strom und Spannung steht. Die Jahresverluste, besser gesagt, der Wert der Jahresverluste entscheidet. Aber der Betrieb ist nie fehlerfrei. Unsymmetrien sind in dreiphasigen Systemen nie ausgeschlossen, die Spannungen und die Ströme sind nie rein sinusförmig. Wir bauen indessen die Transformatoren immer für ideale Verhältnisse, höchstens denken wir noch an unsymmetrische Belastungen. Es ist wichtig, festzustellen, wer größeren Enttäuschungen ausgesetzt ist, die Amerikaner oder wir. Enttäuschungen kosten immer Geld, sie müssen in wirklich stichhaltig sein wollende Vergleichsrechnungen unbedingt eingetragen werden.

Es ist aber gar nicht schwer einzusehen, daß wir in Europa unzweifelhaft mehr von den Unvollkommenheiten des Betriebes zu befürchten haben als die Amerikaner. Wir haben einfach angenommen, daß das dreiphasige System symmetrisch, die zu transformierenden Spannungen rein sinusförmig seien. Sonst hätten wir uns doch nicht entschließen können, die Vorteile symmetrischer Mehrphasenströme magnetisch auszunutzen. Wir schalten doch die drei Phasenkraftflüsse des dreiphasigen Transformators nach Abb. 1 im Stern und sehen keinen eisernen Nullleiter vor. Gerade deshalb ist ja unsere Konstruktion billiger und beansprucht kleinere Energieverluste. Die amerikanische Transformatorengruppe gibt jedem der drei Phasenkraftflüsse einen eigenen geschlossenen Eisenring. Wir arbeiten mit drei magnetischen Leitern, die Amerikaner mit sechs. Wir erwarten keine Unsymmetrie im dreiphasigen magnetischen System, die Amerikaner alle.

Der sicherere Weg ist unzweifelhaft von den Amerikanern eingeschlagen worden. Deshalb ist unsere Transformation billiger. Sie ist es aber nur so lange, bis es sich nicht zeigt, daß die amerikanische Vorsicht nicht übertrieben ist.

Eigentlich muß man schon jetzt zugeben, daß die Untersuchung einen für uns gefährlichen Anfang nimmt. Bevor es noch klar ist, ob es sich bezahlt macht, eine Versicherungsprämie gegen die möglicherweise unangenehmen Folgen von Betriebsunsymmetrien zu leisten, hat schon die Rücksicht auf die Notwendigkeit von Reservetransformatoren den Großteil dieser Versicherungsprämie gerechtfertigt. Klar ist es jedenfalls, daß schwere Unsymmetrien für die europäische Bauart überhaupt nicht in Betracht kommen dürfen. Klar ist es aber anderseits auch, daß das gestellte Problem nur durch eingehende Untersuchung der Folgen von Betriebsunsymmetrien gelöst werden kann.

Diese Untersuchung muß aber noch etwas mitberücksichtigen, was scheinbar mit dem Wert des einen oder des anderen Transformationssystems nichts zu tun hat, nämlich die Einstellung der amerikanischen und der europäischen Elektrotechnik zur Erdungsfrage. Die Amerikaner legen gern den Nullpunkt der Transformatorwicklung unmittelbar an Erde[1]; wir haben sehr lange überhaupt mit der Erde nichts zu tun haben wollen, heute schalten wir zwischen den Sternpunkt der Transformatorwicklung und die Erde eine passend bemessene Induktivität.

Es ist gar nicht schwer einzusehen, daß die amerikanische Verankerung des Nullpunktes des dreiphasigen Systems in der Erde auch elektrisch den Transformator von jedem Zwang der Schaltung befreit und so von vornherein unangenehme Folgen von Betriebsunsymmetrien ausschaltet. Die unmittelbare Nullpunktserdung ist eine

[1] ETZ 1925, S. 1355.

logische Folge der Zerlegung des dreiphasigen Transformators in drei einphasige. Anderseits ist es aber auch klar, daß wir mit demselben Recht unsere Transformatoren auch elektrisch auf symmetrische Betriebsverhältnisse einstellen, wenn wir uns schon entschlossen haben, auf der magnetischen Seite mit der Symmetrie zu rechnen.

Die Frage der Nullpunkterdung wird und wurde nie vom Transformator entschieden, ihr Schwerpunkt liegt außerhalb des Transformatorenbaues. Aber für den Transformator ist es wichtig, wie sie beantwortet wird. Der Transformator läßt sich einfach nicht ohne Zusammenhang mit der an ihn angeschlossenen Fernleitung und mit dem ihn speisenden Generator richtig beurteilen.

Es wird sich im Verlauf der Untersuchung zeigen, daß die unmittelbare Erdung des Nullpunktes in amerikanischen Anlagen für das amerikanische Transformationssystem außerordentlich wichtig ist. Anderseits werden wir sehen, daß europäische dreiphasige Transformatoren die Erde als Nulleiter zwischen Generator und Transformator nicht vertragen. Das unscheinbare Problem der besten Form dreiphasiger Transformation nimmt, von diesem höheren Standpunkt aus betrachtet, ganz gewaltige Abmessungen an. Mit Mark und Pfennig läßt es sich gewiß nicht abtun. Es ist zweifellos ein Kampfproblem zweier elektrotechnischer Welten.

II.

Der europäische dreiphasige Transformator bringt, obwohl er magnetisch rücksichtslos die Vorteile symmetrischer Mehrphasenströme ausnutzt, eine große Unsymmetrie selbst mit. Die magnetischen Widerstände seiner drei Kraftflußphasen sind sehr ungleich. Die mittlere Säule hat, wie es die Abb. 1 deutlich erkennen läßt, so gut wie keinen Anteil am Jocheisen. Um so größer ist der Jochweg der beiden äußeren Säulenkraftflüsse.

Φ_1 Φ_2 Φ_3

Abb. 1.

Man kann leicht ungefähr angeben, wie groß die in der Bauart liegende magnetische Unsymmetrie ist. Die beiden Joche beanspruchen bekanntlich in richtig entworfenen Konstruktionen ebensoviel Eisen wie die drei Säulen. Deshalb muß bei gleicher Sättigung in Joch und Säule der magnetische Widerstand einer äußeren Phase 2.5mal größer werden als der magnetische Widerstand der mittleren Phase. Das Mißverhältnis wird durch die unvermeidlichen Luftzwischenräume an den beiden Säulenenden etwas gemildert. Eine merkliche Verbesserung bringt außerdem die übliche Verstärkung des Jochquerschnittes. Man kann aber doch damit rechnen, daß eine äußere Phase die doppelte erregende Durchflutung der mittleren Phase wird aufbringen müssen.

Die amerikanische Gruppe dreier einphasiger Transformatoren kennt natürlich die soeben beschriebene magnetische Unsymmetrie nicht. Es kann vorkommen, daß die erregenden Durchflutungen der drei einphasigen Teiltransformatoren verschieden groß werden. Zufälligkeiten verursachen leicht merkliche Unterschiede. Aber nie können die Unterschiede so groß werden wie in unseren dreiphasigen Transformatoren. Wie groß sie aber auch werden mögen, sie können nie wirklich stören, wenn die Erde als elektrischer Nulleiter den speisenden Generator mit seiner Transformatorgruppe verbindet.

Wir haben keinen Nulleiter für die erregende Wicklung zur Verfügung. Im Sternpunkt der Wicklung wacht das Kirchhoffsche Stromgesetz. Die drei erregenden Phasendurchflutungen müssen sich ihm unterwerfen, ihre Summe muß Null werden.

Der dreiphasige Transformator braucht erregende Durchflutungen nach Abb. 2, er kann sie aber nicht durch den Nullpunkt der Wicklung bringen. Deshalb nimmt er in allen drei Phasen gleich große und phasengleiche zusätzliche Durchflutungen (Abb. 3) auf, um dem Kirchhoffschen Stromgesetz gehorchen zu können. Die zusätzlichen Durchflutungen stören den arbeitenden Kraftfluß nicht, wenn sie wirklich phasengleich und gleich stark sind. In den drei geschlossenen Kreisen des Eisenkernes nach Abb. 1 wirken sie gegeneinander und halten sich paarweise das Gleichgewicht. Aber sie erzeugen doch einen unnötigen, allen drei Säulen gemeinsamen, sich nach Abb. 4 durch die Luft schließenden Zusatzfluß, der selbstverständlich auch induziert. Die Folge ist eine Verschiebung des Nullpunktes im induzierten Spannungssystem nach Abb. 5, die sich dem Sekundärnetz aufdrückt.

i_2 120° 120° 120° i_1 i_3

Abb. 2.

i i_2 i_1 i_3 i i

Abb. 3.

Das ist gewiß eine bedenkliche Erscheinung. Sie würde zweifellos dem dreiphasigen Transformator die Sternschaltung ohne Nulleiter auf der Primärseite verbieten, wenn die Nullpunktverschiebung bedeutend werden könnte. Aber sie ließe sich mit der Dreieckschaltung der erregenden Wicklung unschädlich machen.

Abb. 4.

U_1 $K\Phi_3$ U_2 $K\Phi_2$ $K\Phi_2$ $K\Phi_1$ U_3

Abb. 5.

Auch die Dreieckschaltung braucht drei Phasendurchflutungen, die im Netz, aus dem sie kommen, die Summe Null geben; auch für sie gilt demnach die Abb. 3. Sie bildet aber aus den drei erregenden Phasenwicklungen eine Gesamtwicklung, die den unangenehmen einphasigen Kraftfluß der zusätzlichen Durchflutungen voll umschlingt und in sich kurzgeschlossen ist. Im geschlossenen Wicklungsdreieck werden demnach Drosselströme fließen, die den sich durch die Luft schließenden einphasigen Zusatzkraftfluß bis auf einen geringfügigen Rest vernichten.

Die Dreieckschaltung der erregenden Wicklung rettet nach alldem den europäischen dreiphasigen Transformator, wenn er unter der ihm sozusagen angeborenen magnetischen Unebenmäßigkeit wirklich leiden muß, aber sie beseitigt das Übel mit Opfern, die zu Lasten der Bauart gehen. Die Dreieckschaltung verteuert bei nicht allzu hohen Leistungen den Transformator merklich. Je niedriger die Leistung, je höher die Spannung, um so größer ist der Mehraufwand. Er erreicht ganz leicht 10 % des Anschaffungspreises. Die Dreieckschaltung macht zu allem Überfluß den Nullpunkt unzugänglich. Wir brau-

chen aber den Nullpunkt, wenn wir ihn über die Löschspule erden wollen. Man kann unmöglich eine Bauart von vornherein auf eine bestimmte Schaltung festlegen.

Es bleibt demnach nichts anderes übrig, als die Dinge zu nehmen, wie sie sind. Die unvermeidliche Nullpunktverschiebung des induzierten Spannungssystems muß nicht so bedeutend werden, daß sie wirklich gefährlich wäre. Wie groß sie aber wird, muß untersucht werden.

Eine überschlägige Rechnung ist nicht zu umständlich. Den magnetischen Widerstand des auf eine Phase entfallenden Teiles des sich durch die Luft nach Abb. 4 schließenden einphasigen Zusatzflusses hat der Verfasser in der 2. Auflage seines Buches „Die Transformatoren" (Julius Springer, Berlin) auf S. 46 berechnet. Er läßt sich durch den in Zentimetern genommenen Durchmesser d der eisernen Säule zu

$$R_1 = \frac{1}{3\,d}$$

angeben, wenn das Joch den gleichen Querschnitt hat wie die Säule. Messungen bestätigen sehr schön die Richtigkeit der Rechnung, die keineswegs genau sein wollte.

Der magnetische Widerstand der eisernen Säule, deren Höhe man mit $3\,d$ annehmen kann, und deren Eisenquerschnitt ungefähr $0{,}5\,d^2$ [cm²] betragen wird, ist natürlich von der magnetischen Durchlässigkeit μ abhängig. Sein Wert wäre:

$$R_2 = \frac{6}{\mu\,d}\,.$$

Der unerwünschte einphasige Zusatzfluß hätte es demnach ungefähr μ/18mal schwerer als der Säulenkraftfluß. Die ihn erregende zusätzliche Durchflutung, wie sie vom Kirchhoffschen Stromgesetz im Sternpunkt der erregenden Wicklung erzwungen wird, erreicht leicht, wie wir gesehen haben (Abb. 3), ein Drittel der Durchflutung, die den arbeitenden Phasenkraftfluß durch das Säuleneisen treibt. Der Zusatzfluß einer Säule wird somit μ/6mal schwächer werden als der Phasenkraftfluß des Transformators.

Es kommt sehr auf die Liniendichte im Eisenkern an. Bei der hohen magnetischen Belastung, die in neuzeitlichen Transformatoren erreicht wird, verschiebt der Zusatzfluß den Nullpunkt des Spannungssystems sehr oft um mehr als 1/100 der Phasenspannung.

Eine erhebliche Erleichterung verspricht die Verstärkung des Jochquerschnittes. Sie drückt die unangenehme Erscheinung auf ein erträgliches Maß herunter. Daß die Jochverstärkung sozusagen zur europäischen Bauart des dreiphasigen Transformators gehört, ist noch wenig beachtet worden.

Der eiserne Kessel des Öltransformators verstärkt anderseits in unangenehmer Weise den einphasigen Zusatzfluß des dreiphasigen Transformators, weil er seine Kraftlinien zum Teil aufnimmt (s. Abb. 6 in der Fortsetzung dieses Aufsatzes). Ungefähr 30% beträgt, wie Messungen gezeigt haben, die von ihm verursachte Vergrößerung der Nullpunktverlagerung.

Abschließend kann man sagen, daß die magnetische Unsymmetrie, die in der Bauart unseres dreiphasigen Transformators wurzelt, meist erträgliche Folgen hat, aber nur dann, wenn man sie im Auge behält. Sie läßt keine allzu hohen Sättigungen im Eisenkern zu. Bei 15 000 Gauß z. B. würden wir wahrscheinlich mit dem transformierten Spannungssystem nicht mehr zufrieden sein, es sei denn, daß wir mit erheblichen Jochverstärkungen und nebenbei vielleicht noch mit kräftigen Luftstrecken an den Säulenenden arbeiten könnten.

Gerechterweise muß man zugeben, daß auch bei der amerikanischen Transformation Nullpunktverlagerungen vorkommen können, wenn kein elektrischer Nulleiter zwischen Generator und Transformationsanlage zur Verfügung steht. Allerdings muß man aber auch zugeben, daß in diesem Falle die mit wachsenden Sättigungen abfallende magnetische Durchlässigkeit dämpft. Die Amerikaner transformieren schöner. Es handelt sich wohl um Kleinigkeiten, aber bei dem hohen Stand der Elektrotechnik sind überhaupt nur noch Kleinigkeiten wichtig.

(Schluß folgt.)

Die Preisstelle des Zentralverbandes der deutschen elektrotechnischen Industrie.

Von Karl-Heinz **Schmidt**, Berlin.

Übersicht. Zunächst werden die Gründe dargelegt, die zur Bildung der Preisstelle geführt haben. Hieran schließt sich eine Schilderung ihrer geschichtlichen Entstehung sowie ihrer Wirksamkeit, ihres Einflusses auf die Preispolitik in der Elektroindustrie und ihres Nutzens während der Kriegs- und Nachkriegszeit. Sodann wird der rechtliche Charakter der Preisstelle erörtert; insbesondere wird nachgewiesen, daß sie kein Kartell im Sinne der „Verordnung gegen Mißbrauch wirtschaftlicher Machtstellungen" (Kartellverordnung) vom 2. XI. 1923 bildet und daß daher auch die Bestimmungen dieses Gesetzes keine Anwendung auf die Preisstelle finden.

Vor dem Kriege besaß die deutsche Elektroindustrie keine einheitliche Vertretung und damit auch kein Organ zur einheitlichen Regelung der Preisgestaltung, um durch Preisfestsetzung und Kontingentierung des Absatzes die Produktion mittelbar oder unmittelbar zu beeinflussen. Während des Krieges hatten in erster Linie die „Vereinigung deutscher Elektrizitätsfirmen" (VDEF) und der „Verein zur Wahrnehmung gemeinsamer Wirtschaftsinteressen der deutschen Elektrotechnik" sich die Wahrung der wirtschaftlichen Interessen zur Aufgabe gemacht. Jedoch gestaltete sich mit der Länge des Weltkrieges die Preispolitik dieser Verbände immer schwieriger. Hierbei fiel besonders ins Gewicht, daß die Großfirmen den beiden Vereinen nicht angehörten und zudem noch versuchten, die gestiegenen Unkosten durch Teuerungszuschläge auf ihre Fabrikate auszugleichen. Als im Frühjahr 1917 infolge des sogen. Hindenburgprogramms eine stärkere Verschärfung der Lage auf dem deutschen Rohstoffmarkt, darunter namentlich auf dem der Elektroindustrie eintrat, wurde zur Preisregelung eine Kommission gewählt, die ihre Vorschläge am 3. IV. 1917 unterbreitete. In einer vom damaligen Kriegsausschuß der deutschen elektrotechnischen Industrie einberufenen gemeinsamen Sitzung der beiden genannten Verbände am 20. IV. 1917 wurde eine grundsätzliche Übereinstimmung erzielt und eine Preiskommission eingesetzt. Die Mitgliedschaft zur Preiskommission konnte anfangs nur von einzelnen Firmen erworben werden; um jedoch nach Möglichkeit alle Fabrikationszweige in der Preiskommission vertreten zu sehen, wurden auch Verbände als solche aufgenommen, da eine Reihe von Sonderfabrikaten schon in Kartellen und Syndikaten preislich geregelt wurden. „Die Preisstelle hat eine ganz außerordentlich günstige Wirkung erzielen können. Sie hat die veränderlichen Teuerungszuschläge in Gemeinschaft mit den interessierten Behörden in regelmäßigen Zeitintervallen aufgestellt und dadurch den elektrotechnischen Markt vor einer wilden, ungeregelten Preisbildung glücklich bewahrt."[1]

Die Preiskommission war bis Anfang 1918 vollkommen selbständig organisiert. Als am 5. III. 1918 die als nur vorübergehend gedachte Einrichtung eine feste, für die Dauer bestimmte Form erhielt, indem der Kriegsausschuß der deutschen elektrotechnischen Industrie aufgelöst und der „Zentralverband der deutschen elektrotechnischen Industrie" gegründet wurde, gliederte man die Preiskommission diesem Verband in Form einer Fachgruppe an; diese nahm jedoch eine besondere Stellung ein, da ihre Mitglieder besondere Verpflichtungen eingingen und infolgedessen die Mitgliedschaft auch für die Fragen des Zentralverbandes freiwillig war und ist. Sie blieb also auch im Rahmen des Zentralverbandes selbständig unter dem Namen: „Preisstelle des Zentralverbandes der deutschen elektrotechnischen Industrie".

Aus mancherlei Gründen — außerordentlicher Mangel auf dem deutschen Rohstoffmarkt; unvermeidliche Verwendung von Rohstoffen, die lediglich im Auslande gewonnen wurden; drückender Mangel an geeigneten Arbeitskräften usw. — sah sich die Preisstelle gezwungen, verbindliche oder feste Preise weder in Angeboten noch bei Annahme von Aufträgen anzugeben. Dem Besteller wurde bei Annahme des Auftrags der Preis nur annäherungsweise angegeben, in der Art, daß ein unveränderlicher Grundpreis genannt wurde und dazu ein Teuerungszuschlag, der am Bestelltage galt, sich aber im Laufe der Fabrikation nach Materialpreisen, Löhnen und Unkosten änderte. Dem etwaigen Vorwurf, daß der Besteller vollkommen in der Hand des Lieferers wäre, wurde dadurch begegnet, daß die Teuerungszuschläge unter Beteiligung der sämtlichen Firmen, also des wesentlichsten Teils der ganzen deutschen Elektrotechnik festgesetzt wurden. Außerdem wurden die Behörden, mit denen die Elektrizitätsfirmen hauptsächlich zusammen arbeiteten, zur Ent-

[1] ETZ 1918, S. 137.

sendung von Vertretern in die Sitzungen der Preisstelle aufgefordert, um sich von der Rechtlichkeit des Vorgehens zu überzeugen. Dabei wurden die Erfordernisse der Elektroindustrie immer dem Gesamtinteresse untergeordnet, so daß der Vorwurf der Eigennützigkeit erspart blieb und die Art und Weise der Preisbildung von den Behörden als vorbildlich bezeichnet wurde[2].

Da die Preisstelle nur die Teuerungszuschläge festsetzte, dagegen die Bildung der Grundpreise, als welche bisher die Listenpreise angenommen waren, den einzelnen Firmen überlassen wurde, so bedeutete dies naturgemäß keine Preisvereinbarung in dem Sinne, daß in der Preisstelle die Verkaufspreise für elektrotechnisches Material festgesetzt wurden.

Nach den Ergebnissen der vergangenen Fabrikationsperiode, also nach den Durchschnittspreisen, die auf Grund der Einkäufe und der noch vorhandenen Bestände von Rohmaterial und Halbfabrikaten gebildet wurden, nach den gezahlten Löhnen und nach den Unkosten, die berechnet wurden, gestalteten sich stets die Teuerungszuschläge. Dies entsprach dem Grundsatz, daß der Preis nach den tatsächlichen Gestehungskosten bestimmt wird.

Wenn man die Kurven[3] der Teuerungszuschläge betrachtet, so sieht man zunächst ein sehr allmähliches Ansteigen: Die Preise wurden, nur der dringenden Notwendigkeit gehorchend, in die Höhe gesetzt. Im Laufe des Jahres 1919 zeigt jedoch die Kurve schärfer nach oben, also zu einer Zeit, als die deutsche Valuta in schnellerem Tempo sank, die Preise für die ausländischen Rohwaren entsprechend aufwärts strebten, die Löhne im Inlande stiegen und die Warenknappheit eine früher nie geahnte Spekulation zunächst in Rohwaren und schließlich in jedem Fertigfabrikat hervorrief. Wollte die Elektrotechnik nicht zusammenbrechen, so mußte sie ihre Verkaufspreise den erhöhten Gestehungskosten anpassen[4].

Die Preisstelle gab daher — zunächst monatlich, später in kürzeren Zeiträumen — grüne Zuschlagslisten für solche Aufträge heraus, die zu den gemäß Beschluß der Preisstelle ab 1. I. 1920 erhöhten Grundpreisen erteilt wurden. Für die Abrechnung bei Aufträgen mit älteren Grundpreisen waren weiße (später gelbe) Zuschlagslisten maßgebend.

Für die Lieferung zu gleitenden Preisen in Reichsmark nach Deutsch-Österreich, Südslawien, Tschechoslowakei, Ungarn, Danzig, Memel, Polen, den von Polen besetzten Gebieten, Rußland und Randstaaten, Griechenland, Bulgarien und Rumänien galten Umrechnungsmultiplikatoren, die jeweilig von der Valutakommission der Preisstelle festgesetzt und in besonderen Listen bekanntgegeben wurden. Für die Anwendung der Multiplikatoren galt die gleiche Berechnungsformel, wie sie in der Zuschlagsliste für die deutschen Inlands-Teuerungszuschläge veröffentlicht war.

Vom 16. II. 1923 ab wurde — gültig für das Inland und nur für erhöhte Grundpreise — eine besondere Berechnungsformel angewandt, u. zw. nach Vereinbarung bei der Bestellung entweder die Formel A oder die Formel N (Abgeltungsformel). Für beide Berechnungsformeln galten allgemeine Bestimmungen, die zu erörtern hier der Raum fehlt. Als Grundsatz galt: Der zu berechnende Preis ist das Produkt aus Grundpreis und Multiplikator. Für die Formel N galten außerdem besondere Bestimmungen. Die Multiplikatoren der Preisstelle wurden fortlaufend bekanntgegeben.

Als der Wert der Mark immer jäher sank, wurde die sofortige Abkehr von der bisherigen Berechnungsweise immer zwingender notwendig. Vom 28. VII. 1923 ab wurde daher die Goldmarkrechnung eingeführt. Hierbei kam es darauf an, den Goldfaktor zu finden. „Dies geschah dadurch, daß man den Papiermark-Multiplikator, der bisher die Erhöhung der Selbstkosten ausdrückte, in ein Verhältnis zu dem Entwertungsfaktor unserer Mark stellte, u. zw. durch Division des Multiplikators durch den Entwertungsfaktor. Der so gefundene Goldfaktor zeigt an, um wieviel sich unsere Herstellungskosten gegenüber dem Frieden verteuert haben. Die Multiplikation des Goldfaktors mit dem Grundpreis des Fabrikats ergab dessen Goldmarkpreis, der dem Kunden in Rechnung gesetzt und von ihm, in Papiermark umgerechnet, gezahlt werden sollte.“[5]

[2] Direktor Henrich auf der 1. ordentlichen Mitgliederversammlung des Zentralverbandes der deutschen elektrotechnischen Industrie am 26. VI. 1919. ETZ 1919. S. 414.

[3] Vgl. ETZ 1922, S. 275.

[4] Vgl. hierzu W. Behrend, Die Preisgestaltung und Preispolitik in der Elektrotechnik. ETZ 1920. S. 469; 1921, S. 145.

[5] Dr. P. Meyer, Geschäftsbericht der Preisstelle des Zentralverbandes der deutschen elektrotechnischen Industrie (zur VI. o. Mitgliederversammlung am 20. VI. 1924). ETZ 1924, S. 702.

Die neue Berechnungsweise erfolgte nach dem Schema:

Dollarbasis[6]: 740 000

$$\text{Entwertungsfaktor} = \frac{\text{Dollarbasis}}{42} = 176\,000$$

$$\text{Goldfaktor} = \frac{\text{Multiplikator}}{\text{Entwertungsfaktor}} \,.$$

Als Berechnungsformel wurde nach Vereinbarung bei der Bestellung entweder die Formel A[7] oder N angewendet. Für beide Berechnungsformeln galten zunächst wieder allgemeine Bestimmungen. Nach diesen wurde die Rechnung in Goldmark ausgestellt (Grundpreis × Goldfaktor).

Auch für die Aufträge, die vor dem 28. VII. 1923 erteilt waren, wurde eine neue Regelung getroffen. Die für die Abrechnung dieser Aufträge gültigen Multiplikatoren mußten gleichfalls der täglich steigenden Verteuerung der Herstellungskosten angepaßt werden. Die Preisstelle gab Tagesmultiplikatoren heraus, die auf Grund der jeweils gültigen Goldfaktoren und des Dollarkurses errechnet wurden.

Aus den Maßnahmen der Preisstelle lassen sich zwei Perioden der Preispolitik erkennen. In der ersten Periode, wo man den Grund und den Charakter der Inflation infolge ihrer bisher gänzlich fremden Erscheinungen noch nicht recht kannte, glaubte man, daß die Teuerung von der Warenseite herkomme. Infolgedessen baute die Preisstelle die Teuerungszuschläge für den nächsten Zeitraum auf den erhöhten Preisen für Rohstoffe der vergangenen Zeit auf. Außerdem galt nicht der Lieferungstag, sondern ein zwischen Bestellung und Lieferung liegender Tag als Preisstichtag, so daß die Preise erheblich hinter der Geldentwertung herhinkten. Als aber die Inflation Ende 1922 und insbesondere im Jahre 1923 in sich immer mehr überstürzendem Tempo fortschritt, erkannte man, daß der Grund der Teuerung auf der Geldseite lag. Infolgedessen dürfe der Preis der Erzeugnisse nicht auf den bisherigen Rohstoffpreisen fußen, sondern müsse sich der sprunghaft zunehmenden Geldentwertung angleichen. Zu dem Zweck änderte die Preisstelle im August 1922 ihre Berechnungsformel und setzte den Lieferungstag als Preisstichtag fest; Ende Juli 1923 ging man, wie erwähnt, zur Rechnungstellung in Goldmark über[7a]. Diese Änderung in der Preispolitik geht aus den Worten des verdienstvollen Vorsitzenden der Preisstelle, Direktor Dr. Werner, im Bericht über die Preisstelle 1923 hervor: „Wir haben damit (mit der Zugrundelegung eines mittleren Teuerungszuschlages) unserer Kundschaft ein besonderes Entgegenkommen bewiesen, gleichzeitig aber kaufmännisch völlig verkehrt gehandelt. Heute ist es jedem unter uns klar, daß allein die Abstellung des Preises auf die Kaufkraft der Mark am Zahltage oder eventuell auf den Goldwert kaufmännisch richtig ist.“

Als es Ende November 1923 gelang, der Inflation ein Ziel zu setzen und unsere Währung durch Einführung der Rentenmark zu stabilisieren, wurden die Goldfaktoren nach und nach gesenkt. Eine weitere Ermäßigung der Goldfaktoren wurde aber zunächst verhindert durch die während der Inflationszeit eingebürgerten hohen Rabatte, die die Firmen der Kundschaft eingeräumt hatten. Dieses Rabattunwesen hatte sich mit zunehmender Inflation in immer höherem Maße eingeschlichen, u. zw. z. T. aus der Notwendigkeit heraus, Geschäfte abschließen zu müssen, um Geld zur Erfüllung dringender Verpflichtungen zu erhalten, z. T. um nicht aus dem Geschäft herausgedrängt zu werden. Die Rabatte wurden aber in den Frühjahrsmonaten 1924 durch die Preisstelle nach und nach verkürzt.

Als sich die Rentenmark wertbeständig erwies, wurde den Firmen freigestellt, für kurzfristige Aufträge zu Festmarkpreisen überzugehen; der Abschluß dieser Preise wurde in die Berechnungsformel aufgenommen.

Nachdem im Laufe des Jahres 1925 die Preise für die verschiedenen Erzeugnisse der Elektroindustrie auf Grund von Beschlüssen der Preisstelle erhöht worden waren, trat für mehrere Jahre eine gewisse Ruhe in der Preisreglung ein. Erst im Jahre 1929 sah sich die Preisstelle gezwungen, vom 6. IV. ab auf die Preise elektrotechnischer Fabrikate infolge der Erhöhung der Metallpreise, insbesondere der Preise für Kupfer und seine Legierungen, die allein seit der letzten Preisregelung um 60 ... 70 % gestiegen waren, Materialzuschläge im Ausmaß von 5 bis 10 % zu erheben. Vom 27. V. 1929 ab wurde für Starkstromfabrikate an Stelle der am 6. IV. eingeführten

[6] Dollarbasis entsprach dem bei Zahlungseingang letztbekannten New Yorker Schlußbriefkurs für Devise Berlin.

[7] Elektrische Heiz- und Kochapparate wurden nach besonderen Bestimmungen berechnet; die Preise für Zähler, Installationsmaterial, Glühlampen, Bogenlampen und gummifreie Isolierstoffe wurden nur nach Formel A berechnet.

[7a] G. Eisfeldt, Die Kartellierung in der deutschen Elektroindustrie. Berlin 1928, S. 107.

Zuschläge ein solcher von 5 % sowie für Schwachstromfabrikate ein solcher von 17,5 % auf die Preise vom Juli 1925 festgesetzt. Für Erzeugnisse mit mehr als 50 % Kupfer oder Kupferlegierungen wurden noch höhere Zuschläge berechnet.

Nach der Verkündung der beiden Schiedsprüche in der Berliner Metallindustrie, die einen Lohnabbau von 8 bzw. 6 % für die Arbeiter ab 3. XI. 1930 vorsahen, gab die Preisstelle am 12. XI. den Beschluß bekannt, mit Wirkung vom 15. XI. 1930 ab die Listenpreise für Maschinen, Motoren, Transformatoren, Zähler, Apparate, Installationsmaterial und Haushaltsgeräte um 5 % zu senken.

Die vorstehenden Ausführungen lassen erkennen, daß die Preisstelle des Zentralverbandes der deutschen elektrotechnischen Industrie einen großen marktpolitischen Einfluß ausgeübt hat. Es liegt daher die Frage nahe, ob die Preisstelle etwa als Kartell im Sinne der „Verordnung gegen Mißbrauch wirtschaftlicher Machtstellungen" (Kartellverordnung) vom 2. XI. 1923 anzusehen ist und ob diese Verordnung Anwendung finden kann. Der Zentralverband selbst ist zwar kein Kartell, sondern ein Fachverband, aber er hat durch seine Preisstelle Kartellfunktionen übernommen. Die Tatsache, daß die Preisstelle in der Nachkriegszeit die Preispolitik der deutschen Elektroindustrie regelte und die der Elektrokartelle — „Vereinigung Deutscher Starkstromkabel-Fabrikanten" (VDSF), „Deutscher Schwachstromkabel-Verband" (DSV) und anderer — mitbeeinflußte, läßt folgende Erörterung angezeigt erscheinen.

Die gebräuchlichste Erklärung[8] für die unter den Namen Kartell, Konvention, Syndikat begriffenen Organisationen ist nach Liefmann „eine freie Vereinbarung selbständiger Unternehmer derselben Art zwecks monopolistischer Beherrschung des Markts[9]". In neuerer Zeit haben die Nationalökonomen und Rechtswissenschaftler den vieldeutigen Monopolbegriff aus der Definition herausgelassen. Tschierschky, wohl einer der bedeutendsten Kenner auf dem Gebiete des Kartellrechts, versteht unter Kartell „eine auf Vertrag beruhende Organisation selbständiger Unternehmer (Unternehmen) des gleichen Gewerbes zwecks willkürlicher Regelung des Marktes[10]. Dabei hat das Wort „willkürlich" lediglich den Sinn eines Gegensatzes zur automatischen, also unwillkürlichen Regelung, wie sie im Wesen des freien Wettbewerbs begründet ist.

Die erste, wohl einfachste Aufgabe eines jeden Kartells bildet die Regelung des sogen. „Konditionswesens"; die Kartelle dieser Art heißen „Konditionenkartelle". Ihr wirtschaftlicher Zweck umfaßt die Regelung der Lieferungs- und Zahlungsbedingungen. Der größte Teil der in der Neuzeit bestehenden Kartelle, besonders in der verarbeitenden Industrie, weist diese Kartellformen auf, zumal es sich als ein selbständiges und dauerhaftes Kartellgebilde herausgebildet hat. Zielen die Konditionenkartelle auf Ordnung des Markt- und Zahlungsverkehrs hin, so ist man weiterhin bestrebt, alle diese Bedingungen zu vereinheitlichen. Diese Aufgabe hat für die Elektroindustrie der Zentralverband übernommen. Er hat erstmalig, gemeinsam mit dem „Verein Deutscher Maschinenbauanstalten" und der „Vereinigung der Elektrizitätswerke", im Jahre 1921 seine „Allgemeinen Lieferbedingungen" aufgestellt. Am 28. IX. 1926 ist die 4. Ausgabe dieser Bedingungen erschienen. Sie enthalten Bestimmungen über folgende Gegenstände: Umfang der Lieferpflicht, Preis, Eigentumsvorbehalt, Zahlungsbedingungen, Lieferfrist, Gefahrübergang (auf den Besteller), Aufstellung (der zu liefernden Maschinen usw.), Entgegennahme und Erfüllung (der Lieferung), Haftung für Mängel der Lieferung, Recht des Bestellers auf Rücktritt oder Minderung, Recht des Lieferers auf Rücktritt, Gerichtstand, Schiedsgericht, Übertragbarkeit des Vertrags, Verbindlichkeit des Vertrags.

Außerdem hat die Preisstelle unter dem 14. XI. 1924 für neue Aufträge neue Verkaufsbedingungen bekanntgegeben. Diese zerfallen in I. allgemeine Bestimmungen (Preise, Lieferzeit, Verzugsfolgen bei Überschreitung der vereinbarten Zahlungstermine, Wertverhältnis zwischen Leistung und Gegenleistung, Vereinbarung von Teuerungszuschlägen, Geltungsdauer der vereinbarten Festpreise); II. Bestimmungen über Zahlung (Barzahlung ohne jeden Abzug frei Zahlstelle des Lieferers, Zahlungsart bei Geschäften kleineren Umfanges, bei Geschäften mit einer Lieferungsfrist bis zu 3 Monaten, 6 Monaten usw.); III. Sonstige Bedingungen. Die erste und wichtigste Bestimmung lautete: „Die Preise sind Goldmarkpreise. Eine Goldmark = dem Gegenwert von $^1/_{2790}$ kg Feingold (§ 3 des Münzgesetzes vom 30. VIII. 1924)."

Diese Lieferbedingungen und Verkaufsbedingungen finden in der ganzen deutschen Elektroindustrie Anwendung, sie sind vielfach als handelsüblich bezeichnet worden. Bemerkt sei, daß die Bedingungen der Elektrokartelle ihnen weitgehend angepaßt sind; darin findet sich vielfach die Klausel: „Im übrigen gelten die Allgemeinen Lieferbedingungen des Zentralverbandes der deutschen elektrotechnischen Industrie."

Die Aufgaben der Preisstelle erstrecken sich aber noch auf ein anderes Gebiet, auf das Tätigkeitsgebiet eines „Preiskartells", das mit dem Konditionenkartell eng zusammenhängt. Der wirtschaftliche Zweck der Preiskartelle besteht in der Festsetzung von einheitlichen Mindestpreisen, zugleich auch von Absatzbedingungen sowie in der Preisregelung überhaupt. Die gemeinsame Notlage in und nach dem Kriege hatte eine einheitliche Preispolitik der deutschen Elektroindustrie herbeigeführt. Die Bedeutung dieses gemeinsamen Vorgehens kennzeichnete der Leiter der Preisstelle Henrich auf der 1. o. Mitgliederversammlung des Zentralverbandes: „Wir müssen unsere Zukunft in einer gemeinsamen Arbeit erblicken. Forderungen des Einzelnen müssen gegen die Forderungen der Allgemeinheit zurückstehen. Den Luxus gegenseitiger Konkurrenz können wir uns, vor allem im Ausland, nicht mehr leisten . . . Da heißt es, eine gemeinsame Preispolitik in der gesamten Elektrotechnik treiben, die das gemeinsame Wohl unserer Industrie ständig im Auge behält, gemeinsam die Konkurrenz des Auslandes bekämpft und für schwere, harte Arbeit angemessenen Gewinn zu erreichen sucht. Wegen der Mannigfaltigkeit unseres Fabrikates, wegen der Verschiedenheit der Größe der einzelnen elektrotechnischen Firmen hatte man im Frieden geglaubt, daß wohl eine preisliche Verständigung über gewisse Sonderfabrikate möglich sei, daß aber eine Preisregelung auf dem ganzen Gebiet der Elektrotechnik unendliche Schwierigkeiten mit sich bringen würde. Die Preisstelle glaubt, die Möglichkeit einer Verständigung über das gesamte Gebiet der Elektrotechnik nachgewiesen zu haben[11].

Aus dieser Verständigung heraus setzte die Preisstelle — wie oben dargelegt — Teuerungszuschläge fest, die auf die unverändert bleibenden Grundpreise der einzelnen Firmen aufgeschlagen wurden. Diese Maßnahme stellt zweifellos eine Einschränkung des freien Wettbewerbs, also eine Kartellmaßnahme dar, wenn auch die Preise der einzelnen Firmen völlig unabhängig voneinander waren. Aber die Grundpreise wichen nicht zu stark von einander ab, denn sie hatten sich aus dem freien Wettbewerb herausgebildet. Aber das geschlossene Vorgehen beruhte nur auf den Verhältnissen der Kriegs- und Nachkriegszeit; bereits in der Deflationskrise Anfang 1925 gelang es nicht wieder, einheitliche Teuerungszuschläge durchzusetzen. In dem Bericht der Preisstelle von 1925 heißt es: „Da ein einmütiger Beschluß der Firmen im Juli d. J. nicht zustande zu bringen war, der eingetretenen Verteuerung der Rohmaterialien durch einen von einem bestimmten Zeitpunkt ab zu erhebenden bestimmten Zuschlag zu begegnen, so wurde von dem Vorsitzenden der Preisstelle Ende Juli den Mitgliedern angeraten, die notwendige Erhöhung der Listenpreise selbständig vorzunehmen. Als Richtlinie für die Erhöhung wurde für die im Umlauf befindlichen Starkstromlistenpreise 10 % genannt."

Hieraus geht klar hervor, daß eine Verpflichtung der Firmen, die Beschlüsse der Preisstelle zu befolgen, nicht besteht. Nach § 1 der Kartellverordnung unterliegen aber diesem Gesetz nur „Verträge und Beschlüsse, welche Verpflichtungen über . . . die Art der Preisfestsetzung oder die Forderung von Preisen enthalten." Mithin ist § 1 der Kartellverordnung auf die Preisstelle nicht anwendbar. Diese Ansicht befindet sich in Übereinstimmung mit den Autoren. Isay-Tschierschky[12] sagen: „Erforderlich ist, daß durch den Vertrag oder Beschluß bestimmte Verpflichtungen begründet werden. Abmachungen, die keine rechtliche Bindung hervorrufen sollen.

---

[8] Die Kartellverordnung selbst enthält eine eigentliche Erklärung des Begriffs „Kartell" nicht. Sie sagt im § 1: „Verträge und Beschlüsse, welche Verpflichtungen über die Handhabung der Erzeugung oder des Absatzes, die Anwendung von Geschäftsbedingungen, die Art der Preisfestsetzung oder die Forderung von Preisen enthalten (Syndikate, Kartelle, Konventionen und ähnliche Abmachungen) bedürfen der schriftlichen Form." Hieraus kann man folgern, daß diejenigen Verträge, die diese Verpflichtungen enthalten, der Kartellverordnung unterliegen.

[9] R. Liefmann, Kartelle und Trusts, Freiburg (Breisgau), 7. Aufl.

[10] Dr. S. Tschierschky, Kartellpolitik, Berlin 1930, S. 2.

[11] Bericht über die 1. Mitgliederversammlung des Zentralverbandes der deutschen elektrotechnischen Industre am 26. VI. 1919, ETZ 1919, S. 414.

[12] Isay-Tschierschky, Kartellverordnung 1925, S. 128/9.

werden hiernach von § 1 nicht betroffen . . . Daran ändert sich auch nichts, wenn sie Kalkulationsleitsätze aufstellen, die lediglich belehrenden Charakter haben, oder Geschäftsbedingungen, die nur als Vorlage dienen"[13]; sowie an anderer Stelle: „Immer aber ist Voraussetzung, daß von Verbands wegen eine Verpflichtung zur Befolgung der Geschäftsbedingungen begründet wird. Begnügt sich der Verband damit, ein Musterformular auszuarbeiten, dessen Annahme den Mitgliedern freisteht, so ist § 1 nicht anwendbar."[14]

Die Preisstelle kann auch deshalb nicht als Kartell angesehen werden, weil ihr jedes Mittel, ihre Mitglieder zur Durchführung ihrer Beschlüsse zu zwingen — etwa durch Ordnungsstrafen, wie sie bei einzelnen Kartellen bestehen —, fehlt. An die Preisstelle ist nur ein Teil der Elektrofirmen angeschlossen; gleichwohl wendet die Preisstelle gegen die „Außenseiter" keinerlei Zwangsmaßnahmen — etwa die „Sperre" oder Nachteile von ähnlicher Bedeutung (§ 9 der Kartellverordnung) — an.

Eine andere Frage könnte sein, ob etwa § 10 der Kartellverordnung auf die Preisstelle Anwendung finden könnte. Dieser lautet: „Sind Geschäftsbedingungen oder Arten der Preisfestsetzung von Unternehmungen oder von Zusammenschlüssen solcher (Trusts, Interessengemeinschaften, Syndikaten, Kartellen, Konventionen und ähnlichen Verbindungen) geeignet, unter Ausnutzung einer wirtschaftlichen Machtstellung die Gesamtwirtschaft oder das Gemeinwohl zu gefährden, so kann das Kartellgericht auf Antrag des Reichswirtschaftsministers allgemein aussprechen, daß die benachteiligten Vertragsteile von allen Verträgen, die unter den beanstandeten Voraussetzungen abgeschlossen sind, zurücktreten können."

Der § 10 richtet sich nicht nur gegen solche Unternehmerverbände, die kein Kartell im Sinne des § 1 darstellen, sondern gegen jegliche Art der „Zusammenschlüsse von Unternehmungen", die eine wirtschaftliche Machtstellung begründen[15]. Eine Gefährdung der Gesamtwirtschaft könnte als vorliegend erachtet werden, wenn ein seinem Umfange und seiner wirtschaftlichen Bedeutung nach erheblicher Kreis der Wirtschaft gefährdet erscheint. Eine Gefährdung des Gemeinwohls wird anzunehmen sein, wenn erkennbar wird, daß die Träger der wirtschaftlichen Machtstellung das Ziel einer Sicherung ihrer eigenen wirtschaftlichen Interessen mit Mitteln durchzusetzen bestrebt sind, die sozialem Rechtsempfinden durch den Umfang und die Art des ausgeübten Zwanges und den Forderungen einer sozialen Wirtschaftsregelung durch rücksichtslose Außerachtlassung gegenüberstehender Interessen widerstreiten.

[13] Vgl. Entscheidung Nr. 20 des Kartellgerichts vom 1. V. 1924.
[14] Isay-Tschierschky, S. 131.
[15] Isay-Tschierschky, S. 323.

Derartige Bestrebungen widersprechen vollständig dem Charakter der Preisstelle. Ihre Aufgabe besteht darin, allgemeine Richtlinien für die Preispolitik der der Preisstelle angeschlossenen Firmen aufzustellen; insbesondere hat die Preisstelle den Zweck, den Firmen die Möglichkeit zu geben, sich über die Marktverhältnisse jeweilig nach Bedarf zu unterrichten und die gegenseitigen Erfahrungen auf den verschiedenen Absatzgebieten auszutauschen[16]. Ihre Richtlinien befolgt auch eine Reihe außenstehender Firmen. Um ihre Preispolitik mit Rücksicht auf die Verschiedenheit der angeschlossenen Unternehmungen maßvoll zu gestalten und um die Fühlung mit den Abnehmern zu behalten, ließ die Preisstelle in der Nachkriegszeit Vertreter der Behörden, der wirtschaftlichen Vereinigung der Elektrizitätswerke und des Vereins Deutscher Straßen-, Klein- und Privateisenbahnen zu ihren Beratungen zu. Diese paritätische Behandlung der Preisfragen bot eine sichere Gewähr gegen Gefährdung der Gesamtwirtschaft und des Gemeinwohls. Bereits in der ordentlichen Mitgliederversammlung des Zentralverbandes der deutschen elektrotechnischen Industrie am 24. VI. 1920 erklärte der Leiter der Preisstelle Henrich: „Die Tatsache des Gedeihens einer so lose aufgebauten Vereinigung während so schwerer wirtschaftlicher Erschütterungen ist der äußere Beweis dafür, daß die Preispolitik der Preisstelle nur der dringendsten Lebensnotwendigkeit sämtlicher angeschlossenen Firmen nachgekommen ist und von einer Überschreitung dieser Grenzen und gar von monopolistischen Ausbeutungstendenzen gar keine Rede sein kann"[17].

Was unter dem schweren Druck der Kriegs- und Nachkriegsverhältnisse galt, das gilt auch jetzt beim freien Spiel der Kräfte. Denn wenn auch die Preisstelle seit einiger Zeit Vertreter der Behörden und Vertreter der Verbrauchergruppen, weil entbehrlich, zu ihren Sitzungen nicht mehr hinzuzieht, und wenn auch die Großfirmen mit ihrem Einfluß der Preisstelle als Mitglieder angehören, so sorgt schon der heutige übergroße Wettbewerb dafür, daß keine monopolistischen Strömungen, die etwa eine Gefährdung der Gesamtwirtschaft oder des Gemeinwohls befürchten lassen könnten, entstehen können. Die Erörterungen im Hinblick auf § 10 der Kartellverordnung können nur einen rein theoretischen Charakter tragen, zumal auch die ganze Struktur der Preisstelle, ihre bisherige maßvolle Preisregelung, die auf sorgfältiger Abwägung der Gestehungskosten verbunden mit einem angemessenen Gewinn beruht, die Gewähr für einen gesunden marktpolitischen Einfluß bietet.

[16] Dr. P. Meyer, Organisation und Aufgaben der maßgebenden Elektroverbände in Deutschland. ETZ 1931, S. 72.
[17] ETZ 1920, S. 691.

Praktische Berechnung von Kurzschlußströmen in mehrfach gespeisten Netzen*.

Von **Franz Ollendorff**, Berlin.

Übersicht. Es wird das früher entwickelte Verfahren zur Berechnung der Kurzschlußströme in einfach gespeisten Netzen[1] schrittweise auf die Vorausbestimmung der Kurzschlußströme in mehrfach gespeisten Netzen erweitert. Es wird gezeigt, daß mehrere innerhalb einer Zentrale kurz gekuppelte Generatoren sich für die Kurzschlußberechnung hinreichend genau in einem „Ersatzgenerator" zusammenfassen lassen. Die praktische Berechnung eines solchen Ersatzgenerators wird zahlenmäßig durchgeführt und mit dem Ergebnis einer genauen graphischen Untersuchung verglichen. In dem allgemeinen Fall des mehrfach gespeisten Netzes kann das Netz durch eine Hilfsrechnung in Teile gespalten werden, deren jeder nur einfach gespeist wird; hierdurch ist die Aufgabe auf den früher behandelten Fall zurückgeführt. Obwohl diese Netzzerteilung auf elementarem Wege gewonnen werden kann, ist es doch häufig zweckmäßig, die Rechnung durch Benutzung eines Netzmodelles zu umgehen. Es wird ein Verfahren geschildert, das auch im Netzmodell die Generatorensättigung zu berücksichtigen erlaubt. Die entwickelten Methoden werden an dem Beispiel eines Mehrfachkraftwerkes und an dem Beispiel eines dreifach gespeisten Netzes durch Zahlenrechnung erläutert.

1. Ziel der Arbeit.

In einer vorangegangenen Untersuchung[1] haben wir ein Verfahren zur Berechnung von Dauerkurzschlußströmen in einfach gespeisten Netzen entwickelt. Mit den dort gefundenen Regeln gelingt es, sowohl den Dauerkurzschlußstrom eines einzelnen Generators vorauszubestimmen als auch die Dauerkurzschlußvorgänge in einem Kraftwerk zu behandeln, das aus mehreren unter sich gleichen kurz gekuppelten Generatoren besteht.

In den meisten praktisch vorliegenden Fällen kann man jedoch nicht mit derartig einfachen Verhältnissen rechnen; die Mehrzahl aller Anlagen besteht aus vermaschten Netzen, die von mehreren Kraftwerken getrennt gespeist werden. Hierbei muß man beachten, daß häufig auch betrieblich in einem Kraftwerk zusammengefaßte Generatoreinheiten oder Generatorgruppen elektrisch voneinander getrennt sind, indem sie beispielsweise auf getrennte Abschnitte der Sammelschiene arbeiten, welche untereinander oder über Drosselspulen elastisch gekuppelt sind. Um diesen grundlegenden Unterschied deutlich zu kennzeichnen, wollen wir ein solches Kraftwerk mit elektrischer Trennung seiner Generatoren oder Generatorgruppen als Mehrfachkraftwerk bezeichnen, während wir den Betrieb mit kurz gekuppelten Generatoren als Einfachkraftwerk bezeichnen; für die Kurzschlußberechnung ist dann jedes Netz, auf das ein Mehrfachkraftwerk arbeitet, als mehrfach gespeistes Netz zu behandeln.

Wir stellen uns hiernach die Aufgabe, das früher entwickelte Verfahren zur Ermittlung des Dauerkurzschlußstromes in einfach gespeisten Netzen auf beliebig ge-

* Dieser Aufsatz bildet den Schluß der Aufsatzreihe über die Herleitung der Kurzschluß-Berechnungsmethode des VDE (vgl. ETZ 1930, S. 193). Vorhergehende Aufsätze: ETZ 1930, S. 194, 238, 269, 926, 999.
[1] ETZ 1930, S. 194.

staltete, mehrfach gespeiste Netze zu erweitern. Indem wir uns hierbei auf die Ergebnisse dieser früheren Arbeit stützen, ist der Gang der Untersuchung vorgezeichnet. Wir beginnen mit den Kurzschlußvorgängen in idealisierten Maschinen ohne Sättigung, um dann nachträglich durch Einführung geeigneter Kurzschluß-Sättigungsfaktoren die gekrümmte Charakteristik der Maschinen rechnerisch zu berücksichtigen. Mit Rücksicht auf die praktische Notwendigkeit solcher Rechnungen beschränken wir uns hierbei auf Drehstromnetze.

2. Der Ersatzgenerator eines Einfachkraftwerkes.

Der einfachste Fall eines mehrfach gespeisten Netzes liegt vor, wenn nach Abb. 1 mehrere Generatoren *1, 2, 3,* . . ., die unter sich kurz gekuppelt sind, auf den Kurzschluß arbeiten. Wenn diese Generatoren in ihren fundamentalen Kurzschluß-Kenngrößen übereinstimmen, also gleiche relative Streuung und gleiches Kurzschlußverhältnis bei Leerlauf aufweisen, so lassen sie sich sogleich in einen einzigen „Ersatzgenerator" völlig gleicher Kurzschlußeigenschaften zusammenfassen; dieser Ersatzgenerator muß offenbar die gleichen Kurzschluß-Kenngrößen aufweisen, führt aber die Gesamtleistung aller kurz gekuppelten Generatoren. Wenn wir weiterhin alle Generatorgrößen einschließlich des Ersatzgenerators auf die gleiche Nennspannung beziehen, so ergibt sich neben der Leistung auch der Nennstrom des Ersatzgenerators durch Summation über die entsprechenden Nenngrößen sämtlicher Einzelgeneratoren.

Abb. 1. Kurzschlußspeisung durch Einfachkraftwerk.

Abb. 2. Ersatzschema der parallel arbeitenden Generatoren im Einfachkraftwerk.

Häufig zeigen indessen die miteinander kurz gekuppelten Generatoren erheblich verschiedene Größe der Streuung und des Kurzschlußverhältnisses, so daß die genannte additive Zusammenfassung nicht sogleich möglich ist. Es erweist sich indes auch jetzt als zweckmäßig, für ihre Gesamtheit einen Ersatzgenerator gleicher Kurzschlußeigenschaften einzuführen.

Wir bezeichnen die Streureaktanz mit x_s, die Ankerreaktanz der Maschine mit geradliniger Ersatzcharakteristik mit x_a. Jeder Generator ist dann, wenn die Krümmung seiner magnetischen Charakteristik außer acht gelassen wird, durch seine EMK darzustellen, welche über den gesamten „inneren Widerstand" $x_s + x_a$ auf das Netz arbeitet.

Um einfache Ergebnisse zu erhalten, wollen wir die elektromotorischen Kräfte der (auf gleiche Spannung umgerechneten) gekuppelten Generatoren als gleichgroß voraussetzen. Weiterhin besitzen zufolge der Parallelschaltung alle Generatoren die gleiche Klemmenspannung; daher kann man die Gesamtheit der parallel arbeitenden Maschinen in dem Schema der Abb. 2 zusammenfassen. Wir definieren hiermit den Ersatzgenerator, indem wir ihm die Spannung der parallelgeschalteten Maschinen zuteilen, seinen „inneren Widerstand" $x_{s_r} + x_{a_r}$ dem resultierenden Widerstand der parallel laufenden Generatoren gleichsetzen und weiterhin seine Richtleistung als Summe der Richtleistungen der Einzelmaschinen ermitteln. Hiernach finden wir zunächst den inneren Widerstand des Ersatzgenerators durch die bekannte Parallelschaltungsformel bestimmt:

$$\frac{1}{x_{s_r} + x_{a_r}} = \frac{1}{x_{s_I} + x_{a_I}} + \frac{1}{x_{s_{II}} + x_{a_{II}}} + \ldots, \qquad (1)$$

wobei über sämtliche gekuppelten Maschinen zu summieren ist. Für die praktische Berechnung ist es bequem, die Reaktanzen durch die für jeden Generator unmittelbar bekannte Größe seines Kurzschlußverhältnisses bei Leerlauf auszudrücken. Wir beachten hierzu, daß für Leerlauferregung der Dauerkurzschlußstrom sich aus der Phasenspannung U_{ph} und der gesamten inneren Generatorreaktanz nach dieser Gleichung bestimmt:

$$I_k = \frac{U_{ph}}{x_s + x_a}. \qquad (2)$$

Indem wir daher Gl. (1) mit dem Verhältnis der Phasenspannung zum Nennstrom des Ersatzgenerators multiplizieren, finden wir

$$\left.\begin{aligned} \frac{1}{I_{n_r}} \frac{U_{ph}}{x_{s_r} + x_{a_r}} &= \frac{1}{I_{n_r}} \frac{U_{ph}}{x_{s_I} + x_{a_I}} + \frac{1}{I_{n_r}} \frac{U_{ph}}{x_{s_{II}} + x_{a_{II}}} + \ldots \\ &= \frac{I_{n_I}}{I_{n_r}} \frac{1}{I_{n_I}} \frac{U_{ph}}{x_{s_I} + x_{a_I}} + \frac{I_{n_{II}}}{I_{n_r}} \frac{1}{I_{n_{II}}} \frac{U_{ph}}{x_{s_{II}} + x_{a_{II}}} + \ldots, \end{aligned}\right\} \qquad (1a)$$

also mit Rücksicht auf Gl. (2):

$$\left(\frac{I_k}{I_n}\right)_r = \frac{I_{n_I}}{I_{n_r}} \left(\frac{I_k}{I_n}\right)_I + \frac{I_{n_{II}}}{I_{n_r}} \left(\frac{I_k}{I_n}\right)_{II} + \ldots. \qquad (1b)$$

Da nun der Ersatzgenerator voraussetzungsgemäß die Spannung der parallelgeschalteten Maschinen besitzt, errechnet sich sein Nennstrom als Summe der Nennströme der Einzelgeneratoren. Demnach ist das Verhältnis eines Generatornennstromes zum Nennstrom des Ersatzgenerators gleich dem relativen Leistungsanteil ϱ dieser Maschin an der Gesamtleistung:

$$\frac{I_{n_I}}{I_{n_r}} = \frac{N_I}{N_r} = \varrho_I; \quad \frac{I_{n_{II}}}{I_{n_r}} = \frac{N_{II}}{N_r} = \varrho_{II}; \ldots \qquad (3)$$

Die hier benutzten Zahlen ϱ der relativen Leistungsanteile kann man als „Leistungsanteile" schlechthin definieren; die Leistungsanteile sind an Hand der Leistungschilder der gekuppelten Maschinen stets leicht zu berechnen, so daß sie weiterhin als gegebene Grundgrößen angenommen werden. Wir können demnach Gl. (1 b) in der einfachen Form schreiben

$$\left(\frac{I_k}{I_n}\right)_r = \varrho_I \left(\frac{I_k}{I_n}\right)_I + \varrho_{II} \left(\frac{I_k}{I_n}\right)_{II} + \ldots. \qquad (1c)$$

Das Kurzschlußverhältnis des Ersatzgenerators berechnet sich also durch Zusammensetzung der Kurzschlußverhältnisse der Einzelmaschinen nach Maßgabe ihres Leistungsanteils.

Nachdem wir in Gl. (1) den gesamten inneren Widerstand des Ersatzgenerators gefunden haben, müssen wir jetzt seine Streuung und seine Ankerreaktanz einzeln zu bestimmen suchen. Hier beachten wir, daß der Ersatzgenerator nicht nur gleiche Dauerkurzschlußströme führen soll wie die parallel geschalteten Einzelmaschinen, sondern auch den gleichen Stoßkurzschlußstrom entwickeln soll. Da die Ankerreaktanz auf den Höchstwert des Stoßkurzschlußstromes keinen Einfluß hat, erfüllen wir die genannte Forderung, indem wir die Streureaktanz des Ersatzgenerators analog Gl. (1) durch die Beziehung ermitteln:

$$\frac{1}{x_{s_r}} = \frac{1}{x_{s_I}} + \frac{1}{x_{s_{II}}} + \ldots. \qquad (4)$$

Auch hier ist es zweckmäßig, die Reaktanzen durch unmittelbar bekannte Maschinendaten auszudrücken. Wir benutzen hierzu die Größe der für jeden Einzelgenerator bekannten relativen Streuspannung ε_s, die durch die Gleichung definiert ist:

$$\varepsilon_s = \frac{x_s I_n}{U_{ph}}. \qquad (5)$$

Indem Gl. (4) mit dem Verhältnis der Phasenspannung zum Nennstrom des Ersatzgenerators multipliziert wird, finden wir mit Beachtung der Definitionen (3):

$$\frac{1}{\varepsilon_{s_r}} = \frac{\varrho_I}{\varepsilon_{s_I}} + \frac{\varrho_{II}}{\varepsilon_{s_{II}}} + \ldots. \qquad (4a)$$

Die Berechnung der relativen Streuspannung ε_{s_r} des Ersatzgenerators ist also nur wenig umständlicher als die Bestimmung des Kurzschlußverhältnisses nach Gl. (1c): Der Kehrwert der relativen Streuspannung des Ersatzgenerators ergibt sich durch Zusammensetzung der Kehrwerte der relativen Streuspannungen der Einzelgeneratoren nach Maßgabe ihres Leistungsanteils.

Mit dem Kurzschlußverhältnis nach Gl. (1c) und der relativen Streuspannung nach Gl. (4 a) haben wir die Grundgrößen des Ersatzgenerators gefunden, mit deren Hilfe die Dauerkurzschlußströme nach den früher entwickelten Verfahren in einfach gespeisten Netzen ermittelt werden können. Insbesondere erhalten wir die Streureaktanz des Ersatzgenerators, wenn U seine Nennspannung bedeutet, entsprechend Gl. (5) aus

$$x_{s_r} = \varepsilon_{s_r} \frac{U}{I_{n_r} \sqrt{3}}. \qquad (6)$$

Weiter folgt die relative Ankerspannung

$$\lambda_r = \frac{1}{(I_k\, I_n)_r} - \varepsilon_{s_r} \tag{7}$$

und also die Ankerreaktanz des Ersatzgenerators

$$x_{a_r} = \lambda_r \frac{U}{I_{n_r} \sqrt{3}}. \tag{8}$$

Wenn das betrachtete Kraftwerk allein auf ein kurzgeschlossenes Netz arbeitet, ergibt sich für die Netzreaktanz x_n der dreipolige Dauerkurzschlußstrom des ungesättigt gedachten Ersatzgenerators aus

$$I_d^{(3)} = \frac{U}{\sqrt{3}\,(x_{a_r} + x_{s_r} + x_n)} \tag{9}$$

und der zweipolige Dauerkurzschlußstrom

$$I_d^{(2)} = \frac{U}{x_{a_r} + 2\,(x_{s_r} + x_n)}. \tag{10}$$

Die gekrümmte Magnetisierungskennlinie der Generatoren wird jetzt nachträglich in die Rechnung eingeführt, indem wir für die numerische Kurzschlußentfernung

$$a = \frac{x_{s_r} + x_n}{x_{s_r}} \tag{11}$$

die Kurzschluß-Sättigungsfaktoren $k(a_3)$ und $k(a_2)$ des drei- und zweipoligen Dauerkurzschlußstromes aus den früher mitgeteilten Zahlentafeln[2] entnehmen. So ergibt sich der wahre Kurzschlußstrom des gesamten Kraftwerkes nach den Beziehungen

$$I_d^{(3)} = \frac{U}{\sqrt{3}\,(x_{a_r} + x_{s_r} + x_n)}\, k(a_3) \tag{10a}$$

und

$$I_d^{(2)} = \frac{U}{x_{a_r} + 2\,(x_{s_r} + x_n)}\, k(a_2). \tag{11a}$$

Nachdem hiermit der gesamte Dauerkurzschlußstrom als bekannt anzusehen ist, müssen wir seine Verteilung auf die Einzelgeneratoren des Kraftwerks bestimmen. Wir wollen hierbei den Einfluß der Maschinensättigung außer Betracht lassen. Aus dem Schema der Abb. 2 ergibt sich dann sogleich die Verteilung des Gesamtstromes auf die Generatoren I, II, ... in der Form

$$I_{d_1} = I_d \frac{x_{s_r} + x_{a_r}}{x_{s_I} + x_{a_I}}; \quad I_{d_2} = I_d \frac{x_{s_r} + x_{a_r}}{x_{s_{II}} + x_{a_{II}}}; \ldots\ldots \tag{12}$$

Indem wir diese Gleichungen mit dem Verhältnis der Phasenspannung zum Nennstrom des Ersatzgenerators erweitern, finden wir mit Rücksicht auf Gl. (2) und (3) das Verteilungsgesetz

$$\frac{I_{d_I}}{I_d} = \frac{\left(\frac{I_k}{I_n}\right)_I g_I}{\left(\frac{I_k}{I_n}\right)_r}; \quad \frac{I_{d_{II}}}{I_d} = \frac{\left(\frac{I_k}{I_n}\right)_{II} g_{II}}{\left(\frac{I_k}{I_n}\right)_r}; \ldots\ldots \tag{12a}$$

Wie aus der Ableitung dieser Gleichung hervorgeht, gilt sie zunächst nur für dreipoligen Kurzschluß; indem man jedoch beachtet, daß die Beteiligung der Einzelgeneratoren am gesamten Kurzschlußstrom nur von untergeordneter Bedeutung ist, darf man (12a) näherungsweise auf den zwei- und dreipoligen Dauerkurzschlußstrom anwenden. Man erhält demnach das unmittelbar anschauliche Ergebnis, daß jeder Einzelgenerator nach Maßgabe seines Kurzschlußverhältnisses und seines Leistungsanteils in den Kurzschluß hineinspeist.

3. Die Parallelschaltung der Charakteristiken.

Für die Prüfung des vorstehend entwickelten rein rechnerischen Verfahrens ist es wertvoll, eine graphische Kontrolle in der Methode der Parallelschaltung der Charakteristiken zu besitzen. Für dieses Verfahren muß natürlich die magnetische Charakteristik samt dem Potierschen Dreieck jedes Generators gegeben sein. Wir setzen voraus, daß diese Kennlinien auf die schon früher eingeführten Größen der relativen Spannung u und des relativen Erregerstroms v umgerechnet seien.

Vor Kurzschlußeintritt sind die Generatoren im allgemeinen vorbelastet, so daß ihre Anfangserregung v_0 über die Leerlaufserregung $v = 1$ hinausgeht. Infolge ihres verschiedenen Baues zeigen jedoch die parallel laufenden Maschinen nicht die gleiche Anfangserregung; vielmehr haben wir die Erregungen v_{0_I}; $v_{0_{II}}$; .... zu unterscheiden. Diese Erregungen können wir aus der Bedingung gleicher EMKe ermitteln, die wir schon oben als Ausgangspunkt der analytischen Berechnung wählten; offenbar entstehen dann bei abgeschalteter Belastung keine Ausgleichströme innerhalb der gekuppelten Maschinen. Demnach sind die Betriebspunkte der verschiedenen Generatorcharakteristiken nach Abb. 3 der Forderung unterworfen

$$u_I = u_{II} = u_{III} = \ldots, \tag{13}$$

Abb. 3. Graphische Ermittlung des Parallelbetriebes.

und hieraus folgen rückwärts durch Eingehen in die Charakteristik die zugehörigen Anfangserregungen, die demnach als bekannt zu betrachten sind,

$$v_{0_I};\ v_{0_{II}};\ v_{0_{III}}; \ldots\ldots \tag{14}$$

Nach Eintritt des Kurzschlusses im Netz sinkt die Spannung der Generatoren entsprechend ihrer Streuung und Ankerrückwirkung ab. Wir wollen uns hierbei auf den einfachsten Fall des rein induktiven Kurzschlusses beschränken; im Kurzschlußlauf sind dann sämtliche Maschinen rein induktiv belastet. Der Zusammenhang zwischen ihrer Klemmenspannung und diesem Belastungsstrom läßt sich leicht aus der Charakteristik entwickeln: Wir haben hierzu nur nach Abb. 3 von den Punkten v_{0_1}; v_{0_2}; ... der Abszissenachse die Parallele zur Hypotenuse des Potier-Dreiecks zu zeichnen. Wir greifen auf dieser „Streugeraden" einen beliebigen Punkt P heraus; eine Parallele zur Spannungsachse schneidet zwischen der Magnetisierungscharakteristik und der Streugeraden die (relative) Klemmenspannung aus, während das zwischen P und v_0 liegende Stück der Streugeraden dem induktiven Belastungstrom proportional ist, wobei der Maßstab aus dem Potierschen Dreieck zu entnehmen ist. Diese wohlbekannte Konstruktion gilt sowohl für den dreipoligen als auch für den zweipoligen Kurzschluß; man hat im letzten Falle nur die Streuspannungskathete des Potier-Dreiecks auf das Doppelte zu verlängern und den Strommaßstab um das $\sqrt{3}$fache zu vergrößern.

Abb. 4. Konstruktion der äußeren Charakteristik parallel arbeitender Generatoren.

Diese einfachen Konstruktionen sind uns bereits von der Kurzschlußberechnung der einzelnen Maschinen bekannt, wo sie zur graphischen Ermittelung der sog. Restspannung am Generator dienten. Hier benutzen wir sie in etwas anderer Weise, indem wir für beliebige Lage des Punktes P der Zeichnung den funktionellen Zusammenhang zwischen Klemmenspannung und Belastungstrom entnehmen. Als Ergebnis erhalten wir in Abb. 4 die äußeren Charakteristiken der Generatoren für rein induktiven Belastungstrom.

Das gemeinsame Sammelschienensystem, das die Maschinen kurz kuppelt, erzwingt nun stets gleiche Klemmenspannungen bei jedem Betriebszustande. Hieraus entspringt die Möglichkeit, die äußeren Charakteristiken der Einzelgeneratoren in eine einzige Belastungskennlinie zusammenzufassen: Wir addieren die jeweils zur gleichen Klemmenspannung nach Abb. 4 gehörigen Belastungströme und erhalten als Ergebnis die resultierende Kennlinie sämtlicher kurzgekuppelten Maschinen, die wir als äußere Charakteristik des Ersatzgenerators bezeichnen. Hierbei hat man zu beachten, daß die geschilderte Konstruktion für dreiund zweipoligen Kurzschluß entsprechend den verschiedenen Formen des Potierschen Dreiecks auch getrennte äußere Charakteristiken des drei- und zweipoligen Kurzschlusses liefert.

[2] ETZ 1930, S. 240.

Wenn das kurzgeschlossene Netz die Reaktanz x_n zwischen den Kraftwerks-Sammelschienen und dem Kurzschlußort besitzt, tritt in jeder Phasenleitung die Restspannung auf

$$U_r = I_d\, x_n\,. \tag{15}$$

Im dreipoligen Kurzschluß wird daher die relative Phasen-Restspannung

$$u = \frac{I_d\, x_n \sqrt{3}}{U} = \frac{I_d}{I_n}\,\frac{I_n\, x_n \sqrt{3}}{U}\,. \tag{15a}$$

Zur Ermittlung des dreipoligen Dauerkurzschlußstromes zeichnet man entsprechend Gl. (15a) die „Belastungsgerade des Netzes" $u = f(I_d)$ in die äußere Charakteristik des Generators nach Abb. 4. Der Schnittpunkt der Belastungsgeraden mit der Charakteristik ergibt dann sofort die (relative) Restspannung der Sammelschiene und den dreipoligen Dauerkurzschlußstrom des Kraftwerkes.

Für den Fall des zweipoligen Kurzschlusses muß man die relative Spannung zwischen den vom Kurzschluß betroffenen Leitungen berechnen:

$$u = \frac{I_d\, x_n \cdot 2}{U} = \frac{I_d}{I_n}\,\frac{I_n\, x_n \cdot 2}{U}\,, \tag{15b}$$

so daß die Belastungsgerade des Netzes nach Gl. (15 b) etwas von der Belastungsgeraden für dreipoligen Kurzschluß nach Gl. (15 a) abweicht. Indem man die Gerade (15 b) mit der äußeren Charakteristik des zweipoligen Kurzschlusses zum Schnitt bringt, findet man analog den Kurzschlußstrom und die relative Restspannung des zweipoligen Kurzschlusses.

Abb. 5. Kennlinien des Generators *I*.

Aus der Restspannung der Sammelschiene lassen sich rückwärts die anteiligen Kurzschlußströme der Einzelgeneratoren sofort bestimmen. Man geht zu diesem Zweck mit der Sammelschienen-Restspannung in die äußeren Charakteristiken der Einzelmaschinen ein, welche den jeweils zugehörigen Belastungstrom abzugreifen gestatten; natürlich muß man auch hier den drei- und zweipoligen Kurzschluß getrennt behandeln.

Man erkennt aus dem Vorangehenden, daß die graphische Methode im allgemeinen genauere Resultate liefern wird als das rein rechnerische Verfahren, schon weil sie zwei- und dreipoligen Kurzschluß mittels getrennter Charakteristiken von vornherein grundlegend unterscheidet. Hierdurch geht aber der anschauliche Begriff des Ersatzgenerators verloren, der neben seinem eindeutig bestimmten Kurzschlußverhältnis und seiner Streuung auch eine einheitliche Magnetisierungscharakteristik besitzt: die früher von uns eingeführte Normalcharakteristik. Es zeigt sich so, daß man bei einer relativ unbedeutenden Einbuße an Genauigkeit durch Anwendung des analytischen Verfahrens an Rechenarbeit ganz erheblich spart, so daß hier d i e a n a l y t i s c h e B e h a n d l u n g d e r K u r z s c h l u ß s t r ö m e f ü r p r a k t i s c h e B e r e c h n u n g s z w e c k e e r h e b l i c h ü b e r l e g e n ist.

4. Numerische Berechnung eines Ersatzgenerators.

Wir prüfen die entwickelte Methode zur Bestimmung des Dauerkurzschlußstromes in Einfachkraftwerken an dem Beispiel einer Zentrale, die aus drei parallel laufenden Generatoren besteht. Dabei wollen wir zunächst das analytische Verfahren durchführen und sodann die Ergebnisse an der graphischen Methode prüfen, die genaue Resultate liefert. Um die Größenordnung der möglichen Fehler zu erkennen, wählen wir drei Generatoren mit sehr stark voneinander abweichenden Kurzschlußeigenschaften, wie sie in der folgenden Zahlentafel 1 zusammengestellt sind.

Z a h l e n t a f e l 1. Daten der 3 parallel arbeitenden Generatoren eines Einfachkraftwerkes.

Generator Nr.	Richtleistung kVA	relative Streuspannung ε_s	Kurzschlußverhältnis bei Leerlauf I_k/I_n	Type
I	60 000	24 %	0,700	Turbogenerator
II	18 000	18 %	0,550	Turbogenerator
III	8 200	23,5%	1,00	Schenkelpolläufer

Abb. 6. Kennlinien des Generators *II*.

Wir rechnen sämtliche Generatoren auf eine Sammelschienenspannung von 6 kV um. Die Daten des Ersatzgenerators ergeben sich dann nach den Gl. (1 c) und (4 a) an Hand der folgenden Zahlentafel 2.

Z a h l e n t a f e l 2. Berechnung des Ersatzgenerators.

Generator Nr.	Leistungsanteil g	Anteil des Kurzschlußverhältnisses $g \cdot I_k/I_n$	Anteil der reziproken Streuspannung g/ε_s
I	0,696	0,486	2,90
II	0,209	0 115	1,16
III	0,095	0,095	0,404
Ersatzgenerator	—	0,696	4,464

Abb. 7. Kennlinien des Generators *III*.

Der Ersatzgenerator besitzt also eine relative Streuspannung vom Betrage $\varepsilon_{s_r} = 1/4{,}464 = 22{,}4\,\%$ und ein Kurzschlußverhältnis $I_k/I_n = 0{,}696$. Sein Nennstrom ist, da seine Nennspannung $6000 \cdot 1{,}05 = 6300$ V beträgt,

$$I_n = \frac{60\,000 + 18\,000 + 8200}{6{,}3\sqrt{3}} = \frac{86\,200}{6{,}3\sqrt{3}} = 7900\ \text{A}.$$

Man erhält hiernach zunächst seine Streureaktanz

$$x_{s_r} = 0{,}291 \cdot \frac{6300}{\sqrt{3} \cdot 7900} = 0{,}103\ \Omega.$$

Weiter ist die relative Ankerspannung

$$\lambda = \frac{1}{0{,}696} - 0{,}291 = 1{,}21\,,$$

also die Ankerreaktanz

$$x_{a_r} = 1{,}22 \cdot \frac{6300}{\sqrt{3} \cdot 7900} = 0{,}556\ \Omega.$$

Da die Einzelheiten des Netzes für die vorliegende Betrachtung unwesentlich sind, wollen wir die Netzreaktanz durch Angabe ihrer relativen Spannung ε_n bei Durchfluß

des Nennstromes beschreiben; wir wählen für unser Beispiel die Werte $\varepsilon_n = 0$ (Klemmenkurzschluß), $\varepsilon_n = 25\ \%$ (Kurzschluß nahe am Kraftwerk), $\varepsilon_n = 100\ \%$ (Kurzschluß in mittlerer Entfernung vom Kraftwerk) und $\varepsilon_n = 200\ \%$ (Kurzschluß fern vom Kraftwerk); diese verschiedenen Fälle sind nachfolgend mit a ... d beziffert. In Zahlentafel 3 ist eine Zusammenstellung der entsprechenden Netzdaten enthalten.

Zahlentafel 3. Kurzschlußdaten des Netzes.

Kurzschlußpunkt	relative Netzreaktanz ε_n %	Netzreaktanz x_n Ω	numerische Kurzschlußentfernung a
a	0	0	1
b	25	0,115	2,11
c	100	0,461	5,47
d	200	0,922	10,00

Hier knüpfen wir an das früher ausführlich beschriebene Berechnungsverfahren für zwei- und dreipolige Dauerkurzschlußströme an. Zunächst finden wir den relativen Erregerstrom des Ersatzgenerators für eine Vorbelastung entsprechend Nennlast mit $\cos \varphi = 0,7$

$$v_r = 1{,}08 + \left(4{,}45 \cdot 0{,}224 + \frac{1}{0{,}696} - 0{,}43\right) \cdot 0{,}80 = 2{,}70.$$

Mit diesem Werte des relativen Erregerstromes und der Größe der numerischen Kurzschlußentfernung nach Zahlentafel 3 kann der Kurzschluß-Sättigungsfaktor aus den an anderer Stelle mitgeteilten Zahlentafeln und Schaubildern entnommen werden. Demnach erhalten wir die berechneten Dauerkurzschlußströme an Hand der folgenden Zahlentafel 4.

Zahlentafel 4. Berechneter Dauerkurzschlußstrom des Einfachkraftwerkes.

Kurzschlußpunkt	Kurzschlußart	numerische Kurzschlußentfernung a	Kurzschlußstrom der ungesättigten Maschine A	Kurzschluß-Sättigungsfaktor $k(a)$	Dauerkurzschlußstrom des Einfachkraftwerks A
a	dreipolig	1	5 530	2,85	15 800
	zweipolig		8 260	2,75	22 700
b	dreipolig	2,12	4 710	2,75	13 000
	zweipolig		6 350	2,6	16 500
c	dreipolig	5,47	3 250	2,3	7 500
	zweipolig		3 740	1,9	7 100
d	dreipolig	10,00	2 290	1,95	4 460
	zweipolig		2 410	1,7	4 100

Die Verteilung dieser gesamten Ströme auf die drei parallel arbeitenden Maschinen folgt auf der Näherungsbeziehung Gl. (12 a) und Zahlentafel 2 für

$$\text{Generator } I\text{: } \frac{I_{d_1}}{I_d} = \frac{0{,}486}{0{,}696} = 69{,}8\%$$

$$\text{Generator } II\text{: } \frac{I_{d_2}}{I_d} = \frac{0{,}115}{0{,}696} = 16{,}5\%$$

$$\text{Generator } III\text{: } \frac{I_{d_3}}{I_d} = \frac{0{,}095}{0{,}696} = 13{,}7\%$$

Da diese Zahlen unabhängig von der Art und der numerischen Entfernung des Kurzschlusses sind, kann man durch Multiplikation des Gesamtstromes nach Zahlentafel 4 mit diesen Verteilungsfaktoren die Einzelströme der Generatoren für jeden Kurzschlußfall berechnen; wir gehen hierauf nicht näher ein. *(Fortsetzung folgt.)*

Die heutigen Probleme der Hochspannungs-Kraftübertragung*.

Von **A. Matthias**, Berlin.

(Schluß von S. 1463.)

F. Schaltung.

Die Schaltung großer Leistungen hat der Elektrotechnik die größten Sorgen gemacht.

Bisher noch wenig systematisch erforscht ist das technisch und physikalisch interessante Problem der sicheren Kontaktgebung bei hohen Dauerstromstärken; dabei sind zu berücksichtigen die Wärmeerzeugung, insbesondere bei Stromverdrängung, die Wärmeabgabe, die Oxydationsvorgänge unter Einfluß von Erwärmung und atmosphärischer Einwirkung. Kühlmaßnahmen zur Vermeidung schädlicher Temperatursteigerungen, z. B. geeignete Oberflächengestaltung, sind noch nicht erschöpfend angewendet.

Die Einschaltung bringt besonders beim Schalten auf Kurzschluß große Schwierigkeiten durch das Auftreten von Stromspitzen von hohen Vielfachen des Dauerkurzschlußstromes. Bedenklich sind im Augenblick der ersten Kontaktberührung die Gefahr des Festbrennens der sich berührenden Kontaktflächen, die abstoßenden elektromagnetischen und mechanischen Kräfte, die zur Lichtbogenbildung Veranlassung geben können, sowie die abhebenden Kräfte der hierbei entstehenden Gasblase.

Eine interessante Lösung ist die Ausnutzung magnetischer Haltekräfte im Solenoidkontakt (Abb. 22).

Dem Antriebsorgan ist insbesondere in maschinendynamischer Hinsicht Aufmerksamkeit zu widmen. An die Stelle des Solenoidantriebes sind Betätigungen mit Energiespeichern, wie Federn und neuerdings Druckluftantriebe, gerückt. Je unmittelbarer die Kraftübertragung auf die Schaltstücke erfolgt, um so höher ist die Betriebssicherheit. Auch die Ausschaltung stellt schwierige maschinendynamische Aufgaben. So mußten für Einankerumformer und Gleichrichter Hochstromschalter entwickelt werden, die in weniger als $^1/_{100}$ s sicher ausschalten.

Das Hauptproblem der Ausschaltung ist aber seit jeher die Unterdrückung des Lichtbogens und seiner Auswirkungen.

Für Gleichstrom kommt nur Abschalten in Luft in Frage; die höchsten vorkommenden Leistungen konnten durch Faltung und Unterteilung des Lichtbogens in Verbindung mit magnetischer Blasung bewältigt werden.

Bei Wechselstrom führte die Entwicklung über den Luftschalter bei steigenden Spannungen und Leistungen schon frühzeitig zum Ölschalter. Seine Abmessungen für hohe Spannungen und Leistungen wuchsen ins Gigantische und damit der für große Schaltstationen erforderliche Raumbedarf (Abb. 23). Eine Weiterentwicklung wurde erst möglich, als Versuchsanlagen genügenden Ausmaßes errichtet worden waren und gleichzeitig in das physikalische Verhalten des Lichtbogens tiefere Einblicke gewonnen wurden.

Abb. 22. Solenoidkontakte zur Kompensation der Abhebekräfte. Die Pfeile geben die Stromführung in zwei Solenoiden eines Kontaktpaares an (BBC).

Abb. 23. 50- und 220 kV-Ölschalter.

Der Kernpunkt des Problems ist die Ionenbilanz im Lichtbogen. Dabei ist zwischen den Vorgängen an den Elektroden, denen Raumladungsgebiete anliegen, und in der mittleren praktisch raumladungsfreien Lichtbogensäule zu unterscheiden.

Die Wechselstromabschaltung, bei der die Wiederzündung nach dem Stromdurchgang durch Null vermieden werden soll, gelingt bei niedrigen Spannungen leicht wegen des starken Einflusses des Kathodenfalls. Für höhere

* Vortrag der XXXV. Jahresversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker in Frankfurt a. M.

Spannungen kann auch bei Wechselstrom der Kathodenfall durch Unterteilung der Öffnungsstellen mittels Zwischenelektroden ausgenutzt werden.

Sieht man von diesem Mittel ab, so kommt für höhere Spannungen zur Bekämpfung des Lichtbogens nur noch der mittlere Lichtbogenteil mit einem konstanten Spannungsgefälle von 50 ... 100 V/cm in Frage. Verhinderung

a Verlauf der wiederkehrenden Spannung

b Ersatzbild des Schwingungskreises nach der Kurzschlußabschaltung

Abb. 24. Abschaltvorgang in einem Ölschalter nach Biermanns.

des Elektronenaustritts durch Kühlung der Kathode würde im allgemeinen nicht genügen, wenn nicht gleichzeitig die Leitfähigkeit der Lichtbogensäule zurückginge, denn die im Stromkreis wirksame Spannung würde meist die dünne Ölschicht vor den Elektroden erneut durchschlagen können. Hiernach sind also vor allem die Bedingungen für die Leitfähigkeit der Lichtbogensäule durch Aufstellung der Ionenbilanz zu erforschen und sen. Ein anderes Mittel besteht darin, daß man durch adiabatische Ausdehnung eine Dampfatmosphäre, in welcher der Lichtbogen brennt, abkühlt und in den feinverteilten Nebeltröpfchen, die sich dabei bilden, Kondensationskerne schafft, an welche sich die Elektronen anlagern können.

Die Anwendung dieser Mittel hat die großen Fortschritte der letzten Jahre gebracht. Aus dem Bestreben heraus, das gefährliche Öl zu vermeiden, ist zunächst der Druckgasschalter (Abb. 25) entwickelt worden. Die in einem Vorratsbehälter aufgespeicherte Druckluft dient gleichzeitig zum Antrieb der Schaltorgane. So ist weiterhin der Expansionsschalter (Abb. 26) entstanden, bei dem der Lichtbogen zunächst Wasserdampf erzeugt, den das Schaltorgan dann plötzlich durch Freigeben von Öffnungen expandieren läßt. Neben starren Expansionskammern (linkes Bild) hat man neuerdings auch elastische (rechtes Bild) angewendet, die sich der jeweils zu schaltenden Stromstärke durch den entstehenden Druck anpassen.

Auch beim Ölschalter handelt es sich aber um einen in einer Öldampfatmosphäre brennenden Lichtbogen, der sich durch ähnliche Mittel, wie erwähnt, z. B. durch Kondensation der Öldämpfe bei Expansion, beeinflussen läßt. Die Durchforschung der Bedingungen, unter denen die Löschkammern am günstigsten arbeiten, hat gezeigt, daß es sehr auf zweckmäßige Ausbildung der Löschkammer-Austrittsöffnung ankommt.

Abb. 25. Druckgasschalter (100 kV) der AEG.

starre Expansionskammer — elastische Expansionskammer

Abb. 26. Expansionskammern von Schaltern der SSW.

Abb. 27. Expansionsschalter der SSW für 100 kV, kombiniert mit Trennschalter.

Mittel zu ihrer Beeinflussung zu finden. Nach einer neueren Untersuchung gibt es eine kritische Lichtbogenspannung, oberhalb der die Zahl der in der Zeiteinheit neugebildeten Ionen die Zahl der ausscheidenden übertrifft, was man am Fallen des Lichtbogenwiderstandes, errechnet aus den Momentanwerten von Spannung und Strom, erkennt. Unterhalb dieses Spannungswertes überwiegt die Wiedervereinigung, wodurch der Lichtbogenwiderstand ansteigt. Es wird noch zu klären sein, wie weit der Austritt von Elektronen aus der heißen Kathode oder die Stoßionisation im Lichtbogen ausschlaggebend ist. Wichtig ist auf jeden Fall die Geschwindigkeit der Widerstandserhöhung der Lichtbogenstrecke bei sinkender Stromstärke.

Da meist phasenverschobene Ströme abzuschalten sind, würde sofort nach dem Nulldurchgang des Stromes praktisch die volle Spannungsamplitude an den Elektroden herrschen. Die Abschaltbedingungen werden jedoch dadurch erleichtert, daß die praktisch immer vorhandenen Parallelkapazitäten in einem Einschwingvorgang aufgeladen werden müssen (Abb. 24). Die Eigenfrequenz dieses Schwingungsvorganges begrenzt im ersten Teil der Kurve die Geschwindigkeit des Spannungsanstieges. Je niedriger diese in der Größenordnung von 10 ... 30 000 Hz liegende Eigenfrequenz ist, desto mehr Zeit bleibt für die Entionisierung der Gasstrecke, desto günstiger werden die Abschaltbedingungen.

Die Leitfähigkeit der Gassäule ist durch Beeinflussung der die Stromleitung in der Gassäule besorgenden Elektronen zu bekämpfen, und zwar entweder, indem man diese durch Anlagerung an Moleküle beschwert oder indem man ihre Wiedervereinigung mit positiven Ionen fördert oder indem man sie aus der Lichtbogenbahn abdrängt und zerstreut. Für die Luftabschaltung hat sich als wirksam das Anblasen des Lichtbogens durch einen kräftigen Luftstrom oder auch magnetische Blasung erwie-

Die Schaltanlagen-Entwicklung war lange durch die mangelhafte Betriebsicherheit der bisherigen Ölschalterkonstruktionen beengt. Bei einer den ansteigenden Anforderungen der Netze entsprechenden Weiterentwicklung der Leistungsschalter wird man hoffentlich bald auf Anordnungen wie Deckeleinbau von Ölschaltern und außenliegende Schalterkammern verzichten können. Technisch und wirtschaftlich wichtig wird es sein, die Gesamtanordnung daraufhin nachzuprüfen, ob nicht noch weitere durch die historische Entwicklung entstandene Maßnahmen entbehrt oder vereinfacht werden können. So hat man jetzt einen Leistungschalter mit einem Trennschalter so vereinigt, daß beide durch einen gemeinsamen Antrieb ferngesteuert werden können (Abb. 27). Dieser einfache Aufbau ermöglicht es, die Abzweige von Doppelsammelschienen mit zwei Leistungschaltern auszurüsten, was die Betriebsführung sehr vereinfacht (Abb. 28).

Wenn auch die nächste Entwicklung des Schaltanlagenbaues in der Vermeidung aller Ölmassen ihre Richtlinie zu sehen scheint, so sollte man sich hüten, einseitig einem Schlagwort zu folgen. Vielleicht hat schon jetzt der Ölschalter in seiner Entwicklung zu sehr darunter gelitten. Bei entsprechender Durchbildung mögen die vorzüglichen isolierenden Eigenschaften des Öls, auf die man im Transformatorenbau so leicht nicht verzichten möchte, auch bei ihm wieder zur Geltung kommen. Gerade für die durch Reflexionsüberspannungen gefährdeten Schaltanlagen sind flüssige und feste Isoliermittel wegen ihrer Durchschlagverzögerung nicht zu unterschätzen. Gegen die Verwendung von Ölen und Ausgußmassen kann allerdings die Verdampfung und Zersetzung durch Stehlichtbögen bei Kurzschlüssen und Erdschlüssen eingewendet werden. Solche Bedenken lassen sich durch weitere Verbesserung der Isolation zerstreuen. Man ist hieran auch im Hinblick auf die gekapselten Schaltanlagen (Abb. 29) interessiert, die neuerdings auch in Deutsch-

land erhöhtes Interesse finden und bei uns bis zu Spannungen von 30 kV ausgeführt worden sind, in Amerika bis 60 kV.

Die Frage „gedeckte oder Freiluftstation" hat im letzten Jahrzehnt auch für unsere klimatischen Verhältnisse zu einer Klärung zugunsten der Freiluftstation für Spannungen über 30 kV geführt. Neben der Vermeidung der Gefahr von Gebäudeschäden bei Ölschalterversagern, den Vorteilen des schnellen Aufbaues, bequemen Umbaues und der allgemeinen Baukosteneinsparung hat vor

Abb. 28. Freiluftschalter-Anordnung mit zwei Expansionsschaltern, kombiniert mit Trennschaltern.

allem der Fortfall der Freileitungseinführung in die Gebäude ihnen Vorschub geleistet. Dieser Gesichtspunkt fällt fort, wo man aus anderen Gründen zur Kabeleinführung übergeht, so daß bei sicherer Lösung des Schalterproblems auch die gedeckte Höchstspannungstation in Verbraucherzentren großer Städte ihre Bedeutung behalten wird.

Abb. 29. Einzelfeld einer gekapselten Schaltanlage (Felten & Guilleaume Carlswerk).

G. Überspannungsbeherrschung.

Unter den Überspannungserscheinungen sind von jeher die Gewittereinflüsse am meisten gefürchtet worden. Die Erforschung ihrer Grundlagen ist in den letzten Jahren mit gutem Erfolg in Fluß gekommen. Außerdem hat die Statistik deutlich gezeigt, welcher Art die auftretenden Störungen sind. Vor allem hat sich herausgestellt, daß ein ganz erheblicher Anteil auf überflüssige Auflösungen durch unzureichende Relaissysteme zurückzuführen war; seit Einführung neuzeitlicher Selektivschutz-Systeme hat ihre Zahl stark abgenommen. Auch hat sich gezeigt, daß mit zunehmender Betriebspannung die Störungsfälle seltener werden. Die sogenannten indirekten Gewittereinflüsse stören gut isolierte Netze kaum. Das Schutzbedürfnis richtet sich heute gegen direkte Einschläge in die Leitung, gegen die man früher kein Hilfsmittel zu haben glaubte. Sie stellen Stoßvorgänge dar, deren zeitlichen Ablauf man einigermaßen genau kennt und laboratoriumsmäßig in großem Maßstabe nachahmt. Die vom Blitz getroffene Leitung wird selbst nicht beschädigt, wenn man ihre Isolatoren stoßfest baut, den Überschlag-Lichtbogen durch Schutzringe u. dgl. von ihnen fernhält und ihn sofort durch Erdschlußspulen löscht. Gute Masterdung ist erforderlich, damit die von der Einschlagstelle aus auch nach dem Überschlag noch in die Leitung einziehenden Wanderwellen niedrig bleiben. Wichtig ist die Erkenntnis, daß die Koronadämpfung die Höhe solcher Wanderwellen nach wenigen Kilometern Lauflänge ganz erheblich vermindert hat. Werden sie noch bei Eintritt in die Station durch Parallelwege aufgespalten, so bleibt kaum mehr eine Gefährdung, soweit sie nicht wieder an Endpunkten durch Reflexion erhöht werden. Aber auch dann ist es möglich, die Stationen sicher genug zu bauen.

Abb. 30. Kathodenfall-Ableiter der SSW für 45 kV.

Apparate zur Bekämpfung solcher Überspannungen müssen auf jeden Fall in der Lage sein, die Überspannungshöhe von einem gewissen noch ungefährlichen Grenzwert an abzuschneiden. Dazu müssen sie ventilartigen Charakter haben oder einen Dämpfungswiderstand enthalten, dessen Ohmwert mit der Höhe der angelegten Spannung abfällt. Nach beiden Richtungen sind neuere Apparate entstanden, die schon jetzt beachtenswerte Erfolge aufweisen. Nach dem ersten Prinzip arbeitet der Kathodenfall-Ableiter (Abb. 30), der durch eine große Zahl hintereinander liegender eng eingestellter Glimmstrecken gekennzeichnet ist (Abb. 31), zwischen denen die Minimumspannung der

Abb. 31. Grundsätzlicher Aufbau und Wirkungsweise des Kathodenfall-Ableiters. Stromdurchgang und Glimmentladung.

Glimmentladung durch Verhütung des Umschlags in den Lichtbogen ausgenutzt wird; nach dem zweiten der Ocelit-Ableiter (Abb. 32), dessen hinter einer Funkenstrecke liegender niedriger Widerstand den gekennzeichneten Charakter ziemlich vollkommen aufweist (Abb. 33). Abb. 34 und 35 zeigen die Wirksamkeit solcher neuzeitlichen Schutzapparate bei Betriebsversuchen mit künstlichen Blitzeinschlägen in Hochspannungsnetze mittels eines großen Stoßgenerators. Das erste dieser Kathodenstrahl-Oszillographen (Abb. 34) bezieht sich auf ein 10 kV-Netz; der im oberen Bild aufgetretene Überschlag in einer Schaltstation ist, wie das untere Bild zeigt, dadurch vermieden worden, daß der eingebaute Kathodenfall-Ableiter die Spannungshöhe begrenzt hat. Abb. 35 zeigt einen ähnlichen Versuch in einem 40 kV-Netz; im oberen Bild sieht man einen Sammelschienenüberschlag, dem eine Entladeschwingung folgt; das untere Bild zeigt, wie ein Ocelit-Ableiter den Überschlag durch Spannungsbegrenzung vermieden hat. Sprungwellenschutz für Transformatoren durch Drosselspulen mit energieverzehrenden Eigenschaften wird um so mehr an Bedeutung verlieren, je sicherer man die Transformatoren ohne übermäßige Aufwendungen bauen lernt. Im übrigen sollte man mit der Anwendung von Spulen sparsam sein, um nicht durch überflüssige Erhöhung der Spannung gegen Erde Überschläge hervorzurufen.

Überspannungen durch Schaltvorgänge sind stark in den Hintergrund getreten. Außer Wanderwellen können noch Rückzündungs-Überspannungen beim Abschalten leerlaufender Leitungen bedenklich werden, aber nur in Sonderfällen, die man im allgemeinen durch Betriebsdispositionen vermeiden kann. Bei geschlossenen Netzen kommen solche Schwierigkeiten praktisch überhaupt nicht in Frage. Auf die Gefährlichkeit der Rückzündungsspannungen hat auch die Schalterkonstruktion Einfluß.

Abb. 32. Ocelit-Ableiter der AEG für 50 kV.

Für homogene Leiter errechnet man die Kurzschlußerwärmung, die mit Rücksicht auf das Nachlassen der mechanischen Festigkeit ungefähr 200 ° C nicht überschreiten soll, aus der Wärmeaufspeicherung im Leitermaterial: es muß ihretwegen oft überdimensioniert werden. Nach einigen Sekunden nimmt umgebendes Isoliermaterial aber doch schon merkliche Wärmemengen auf. Um seine innerste Schicht vor Versengen zu bewahren, könnten u. a. Asbesteinlagen in Frage kommen. An Übergangstellen muß durch vorzüglichen Kontakt Spritzfeuer verhütet werden.

Abb. 33. Strom-Spannungs-Charakteristik von Ocelit.

Die dynamischen Kurzschlußwirkungen errechnen sich normalerweise nicht aus dem Quadrat der Stromstärke. Gewöhnlich nimmt man an, daß bei ungenügender Festigkeit der Anordnung die ersten Stromspitzen bereits eine Zerstörung hervorrufen können. Es ist aber zu bedenken, daß es sich hier um mechanische Vorgänge handelt, bei denen der Einfluß der Massen nicht unbeachtet bleiben darf, der insbesondere zur Gefahr der Resonanz zwischen mechanischen Eigenschwingungen von Teilen elektrischer Maschinen und Apparate mit dem Takt der Krafteinwirkungen, d. h. der doppelten Netzfrequenz, führen kann. Auch die ungünstigere mechanische Auswirkung der Stöße bei lockerer Lagerung ist zu berücksichtigen. Die vorher gezeigte federnde Spulenbefestigung mit reichlicher Vorspannung und Öldämpfung trägt ihr Rechnung.

a ohne Ableiter: Überschlag
b mit Ableiter: Überschlag verhindert

Abb. 34. Wirkung eines Überspannungsableiters in einem 10 kV-Netz.

a ohne Ableiter: Überschlag
b mit Ableiter: Überschlag verhindert

Abb. 35. Wirkung eines Überspannungsableiters in einem 40 kV-Netz.

Abb. 36. Dreiphasige Kurzschlußdrossel mit Betonabstützung.

II. Kurzschlußbeherrschung.

Die Kurzschlußbeherrschung stellt fünf Hauptprobleme:

1. Ermittlung der zu erwartenden Kurzschlußströme und ihres zeitlichen Verlaufs.
2. Studium der theoretischen Kurzschlußwirkungen von Anlageteilen und Vorausbestimmung ihrer thermischen Sicherheit.
3. Studium der dynamischen Kurzschlußwirkungen von Anlageteilen und Vorausbestimmung ihrer dynamischen Kurzschlußsicherheit.
4. Maßnahmen zur Herabsetzung der Kurzschlußströme an gefährdeten Stellen des Netzes.
5. Maßnahmen zur Abschaltung der Fehlerstellen.

Über die Berechnung der Kurzschlußströme in Netzen gibt es eine umfangreiche Literatur, ein Beweis dafür, daß die Sache nicht einfach ist. Schwierigkeiten liegen in der nicht geradlinigen Charakteristik der Generatoren. Für reine Freileitungsnetze sind genügend genaue Verfahren bekannt. Man nimmt dabei zunächst an, daß die gesamte Kurzschlußbahn nur aus Reaktanzen besteht, und korrigiert dann die Ergebnisse entsprechend den noch vorhandenen Widerständen. Für Kabelnetze, bei denen die Widerstände überwiegen, und für gemischte Netze fehlt es noch an einer geeigneten Methode. Man kann sich aber durch experimentelle Bestimmung der Kurzschlußstrom-Verteilung an einem verkleinerten Netzbild helfen. Solche Apparaturen sind leider, wenn sie alle zu stellenden Aufgaben lösen sollen, recht umfangreich und teuer und daher erst in seltenen Fällen angewendet.

Bei den thermischen Kurzschlußwirkungen muß unterschieden werden zwischen homogenen Leitungsbahnen und Übergangstellen.

Maßnahmen zur Herabsetzung der Kurzschlußströme sind: Einbau von künstlichen Reaktanzen und Ausnutzung der natürlichen Reaktanzen durch entsprechende Netzschaltungen bzw. Netzaufteilung. Je weiter man im Bau kurzschlußfester Hauptanlageteile fortgeschritten ist, um so weiter hat man die Kurzschluß-Drosselspulen vom Kraftwerk abrücken können. Der heutige Einbau in die abgehenden Leitungen beschränkt die Überbeanspruchungen und Spannungsabsenkungen bei Kurzschluß auf einen engen Bereich. Je niedriger der betriebsmäßige Spannungsabfall der Spulen ist, um so höher muß ihre eigne Kurzschlußfestigkeit sein. Die erheblichen mechanischen Kräfte bewältigt man z. B. durch festen Einbau in Betonklötze (Abb. 36) o. dgl. Für die thermische Beanspruchung des Materials ist im Kurzschlußfalle eine Temperatur von nicht wesentlich über 200 ° zugrunde zu legen, weil dabei schon die mechanische Festigkeit des Kupfers nachläßt. Die Isolation der Windungen gegeneinander muß der Sprungwellenbeanspruchung bei Schaltvorgängen gewachsen sein.

Netzschaltungen zur Verringerung der Kurzschlußströme sind dadurch charakterisiert, daß die auf eine Kurzschlußstelle arbeitenden Generatoren bzw. Generatorgruppen nicht unmittelbar parallel arbeiten, sondern über Transformatoren und Leitungsstrecken (Abb. 37). Das Schaltungsbild soll hierbei den zu entnehmenden Leistungsanteilen derart angeglichen werden, daß alle Anlageteile möglichst gleichmäßig ausgenutzt werden.

Bei der Beseitigung der Kurzschlußströme durch Abschaltung liegt ein großer Fortschritt in der selektiven Abschaltung der Fehlerstelle. Seit ihrer Einführung hat sich die Zahl der Schalterauslösungen bei Kurzschluß auf einen Bruchteil verringert. Vollauf befriedigt haben diese Systeme erst, seitdem man das Meßwerk nicht mehr durch

die Impedanz der Leitung von der Kurzschlußstelle bis zum Schalter anlaufen läßt, sondern durch ihre Reaktanz, zu der der veränderliche Lichtbogenwiderstand keinen merklichen Beitrag liefert, und seitdem man die Ansprechsicherheit bei kleinen Spannungen erheblich gesteigert hat. Bei Nachtbelastung mit wenigen in Betrieb befindlichen Maschinen und geringer Erregung derselben können außerdem die Kurzschlußströme so klein werden, daß die Meßwerke nicht mehr anlaufen. Man hilft sich durch sehr weite Einstellbarkeit des Strombereiches. Diese Schwierigkeit kann bei langen Freileitungen auch durch den Einfluß verteilter Kapazität und Induktivität entstehen, durch den, wie bereits eingangs ausgeführt, die Ströme am Anfang gar nicht mehr den an der Kurzschlußstelle herrschenden entsprechen. Praktisch stört aber dieser Einfluß z. Z. wegen der ohnehin notwendigen Unterteilung der Strecke kaum.

a b

Abb. 37. Einzelspeisung (a) und Verbundspeisung (b) eines Niederspannungsnetzes.

Für die Verhütung von thermischen Kurzschlußschäden spielt die Zeit eine große Rolle. Die demnach niedrig zu haltende Unterbrechungszeit setzt sich zusammen aus der Laufzeit des Relais und der Eigenzeit des Schalters und seiner Auslösung. Diese Eigenzeit muß man möglichst klein machen, weil die Mindestlaufzeit der Relais bei stärkster Spannungsabsenkung weit genug über ihr liegen muß, damit die Abschaltung auf den engsten Bereich beschränkt bleibt. In dieser Hinsicht hat man bereits viel erreicht.

Die vollkommenste Anpassung der Abschaltzeit an die Kurzschlußstromstärke gibt die Schmelzsicherung, die sogar durch Abschmelzen vor Erreichung des Höchstwertes die dynamischen Beanspruchungen herabsetzen kann. Neue Bestrebungen zur Erhöhung ihrer Kurzschluß-Abschaltleistung sind daher zu begrüßen. Leichte Auswechselbarkeit vorausgesetzt, kommt für schwächer gebaute Netzausläufer die Kombination von solchen Sicherungen für hohe Kurzschlußstöße mit üblichen Schalterauslösungen für normale Überlastungsfälle, deren Einstellung unter dem Nennstrom der Sicherung liegt, in Frage.

I. Erdschlußbeherrschung.

Das Anschneiden der Erdschlußprobleme rollt die Frage auf, warum Amerika den Nullpunkt erdet und damit jeden Erdschluß zum Kurzschluß macht, aber seine Anlagenisolation gegen Erde nur mit der Phasenspannung beansprucht, während bei uns fast allgemein die Erdschlußspule nach Petersen eingeführt ist, die bei einfachen Erdschlüssen die Stromstärke an der Erdschlußstelle herabsetzt und Schalterauslösungen vermeidet, dafür aber bis zur Beseitigung der Störung die Isolation der beiden nicht betroffenen Phasen mit der verketteten Spannung anstrengt. Man kann anführen, daß die dichte Besiedelung Deutschlands andere Voraussetzungen geschaffen hat als die langen menschenleeren Zwischenräume Amerikas. Tatsächlich ist wohl der Unterschied durch die historische Entwicklung hervorgerufen, deren Korrektur umständlich und kostspielig und bei dem Für und Wider beider Wege für keines der Länder dringlich ist. Fast scheint es aber, als ob wir nicht nur für unsere Verhältnisse, sondern auch absolut betrachtet das bessere Teil erwählt hätten, mindestens für Spannungen bis 100 kV. Ausschlaggebend ist weniger die Möglichkeit „im Erdschluß fahren" zu können, als die Erfahrungstatsache, daß die weitaus meisten Netzfehler als Erdschlüsse eingeleitet werden und sich erst nach einer Reihe von Halbperioden zu Kurzschlüssen umzubilden pflegen, daß aber bis dahin durch die Eigenart der Erdschlußkompensation der Lichtbogen meist unter günstigen physikalischen Bedingungen gelöscht wird, wobei die Spannungen im sanften Verlauf ihren Normalwerten zustreben (Abb. 38). Der Vorgang geht gewöhnlich so schnell vor sich, daß man erst besondere Relais entwickeln mußte, um derartige Betriebsvorfälle zu registrieren. Die Auswirkung ist verschieden für Kabel- und Freileitungsnetze. In Kabelnetzen wird die prompte Löschung manchmal unangenehm empfunden, weil die entstehende Materialverletzung oft so geringfügig ist, daß die schwache Stelle zunächst unentdeckt bleibt. In neuzeitlichen Freileitungsnetzen liegt der Fall insofern anders, als Überschlag-Lichtbögen nicht unbedingt eine Isolatorbeschädigung hervorzurufen brauchen. Seit man die hohe Bedeutung der Stoßprüfung erkannt und gelernt hat, die Isolatoren und bis zu einem hohen Grade auch die Transformatoren stoßsicher zu bauen, haben Erdschlüsse, deren Lichtbögen durch Erdschlußspulen gelöscht

Zünden
Verlöschen
U_1
U_2
I_e

Abb. 38. Strom und Spannung im kompensierten Erdschluß.

werden können, ihre Gefährlichkeit für normale Fälle verloren. Hinzu kommt, daß in Netzen mit Erdschlußkompensation durch den Einbau der Erdschlußrelais ein bequemes Mittel geboten wird, die Fehlerstelle auch bei kurzzeitigem Bestehen des Lichtbogens einzugrenzen, ohne die Leitung abschalten zu müssen.

So günstig hiernach bei Erdschlußlöschung die Situation zu sein scheint, so bieten sich doch auch hier noch einige ernste Probleme. Die Kurvenform der Netzspannung weicht im Betrieb erfahrungsgemäß oft stark von der Sinusform ab; verantwortlich hierfür sind nicht nur Generatoren und Kraftwerkstransformatoren zu machen,

BROWN-BOVERI

Abb. 39. Regeltransformator von BBC.

sondern auch die große Zahl der Netztransformatoren und Abnehmeranlagen, deren wechselnde Inanspruchnahme die Amplituden der höheren Harmonischen im Laufe eines Tages oft stark schwanken läßt, wie fortlaufende Aufzeichnungen durch geeignete Registriergeräte gezeigt haben. Diese höheren Harmonischen verschwinden nicht im Reststrom und können daher unter Umständen die Kompensation erheblich beeinträchtigen. Man hat zwar auch für Oberwellen in einzelnen Fällen Kompensationseinrichtungen eingebaut, das dürfte aber nur dann einigermaßen einfach sein, wenn nur eine derselben besonders stark hervortritt.

Ob das deutsche System der Erdschlußkompensation auch für die allerhöchsten Spannungen beibehalten werden wird, kann noch nicht mit Sicherheit gesagt werden. Zunächst kommt hier ein wirtschaftlicher Vorteil der starren Nullpunkterdung zur Geltung: die feste Erdung eines Wicklungsendes vereinfacht den inneren Aufbau der Transformatorenisolation ganz wesentlich und erleichtert es, sie stoßfest zu machen. Auch die Fernleitung kann billiger gebaut werden. Vom Betriebstandpunkt kommt hinzu, daß Erdschlüsse voraussichtlich mit steigender Netzspannung immer seltener werden. Auch ist es zweifelhaft, ob bei einem Erdschluß in einem nicht starr geerdeten Netz höchster Spannung die Koronaerscheinungen an den anderen beiden Phasen nicht durch Erhöhung der Kapazität und der Glimmverluste sowie durch Kurvenverzerrung die Erdschlußlöschung erschweren oder sonstige Schwierigkeiten hervorrufen. Es kommt hinzu, daß mit zunehmender Spannung und Länge der Übertragungslei-

tung für die Erdschlußlöschung die Schwierigkeiten auch ohnehin größer werden. Darum wird man mit der Möglichkeit rechnen müssen, daß bei Spannungen von 400 kV auch bei uns die feste Nullpunkterdung ernstlich in Erwägung gezogen werden muß. Man wird sich daher auch rechtzeitig mit der Frage befassen müssen, wie weit Rückwirkungen auf Fernmeldeanlagen entstehen können und wie sie gegebenenfalls zu beheben sind.

K. Verteilung.

Aus den Problemen der Verteilung möchte ich die Frage herausgreifen, in welchem Umfange man die Höchstspannungsnetze vermaschen soll. Wie wir bereits gesehen haben, ist es im Hinblick auf die Überspannungsbekämpfung außerordentlich günstig, mit geschlossenen Netzen in möglichst weitgehender Vermaschung zu fahren. Ein

Längstransformator Quertransformator U V W R_U E_U R_V E_V R_W E_W

Abb. 40. Prinzipschaltbild eines Längs- und Quertransformators.

weiterer mir sehr wichtig erscheinender Gesichtspunkt betrifft die Stabilität des Parallelbetriebes. Wenn zwei Kraftwerke nur über einen einzigen Strang miteinander verbunden sind und auf dieser Strecke ein kräftiger Kurzschluß eintritt, so ist der Parallelbetrieb durch die geringe Koppelspannung gefährdet. Wenn aber in diesem Falle ein weiterer Verbindungsweg in Betrieb bleibt, so bleibt die Koppelspannung so hoch wie die Spannung an den Sammelschienen des nächsten in Betracht kommenden Verzweigungspunktes. Dieser Gesichtspunkt spricht entschieden gegen zu weitgehende Anwendung von Schaltungen, bei denen Kraftwerke aus Sorge vor der Auswirkung von Kurzschlüssen erst weit draußen im Netz über Leitungen hoher Impedanz verbunden werden, wie es bei Besprechung der Kurzschlußwirkungen erörtert wurde. Weitgehende Vermaschung erschwert zwar die Regelung und die Schaffung der für die Stromverrechnung nötigen Unterlagen; aber in dieser Beziehung kann die Technik die gestellten Anforderungen erfüllen. Darum komme ich zu dem Schluß, daß man auch bei höchsten Spannungen so weit vermaschen soll, wie es die Kostenfrage und die Kurzschlußauswirkungen zulassen.

L. Regelung.

Die Regelungen von Spannung, Frequenz und Leistung sind dadurch erschwert, daß sie sich gegenseitig beeinflussen und daß außerdem die Regeleingriffe eines der zusammengeschlossenen Werke auf die Betriebszustände der anderen zurückwirken. Mit zunehmendem Zusammenschluß sind die Probleme der Leistungs- und Frequenzregelung in den Vordergrund getreten. Gewöhnlich bestimmt man ein größeres Werk zur Frequenzhaltung durch reine Drehzahlregelung. Allen anderen Werken wird die Einhaltung eines bestimmten Leistungsfahrplanes vorgeschrieben; das frequenzhaltende Werk erhält dann von selbst die Differenz zwischen den erwarteten und den wirklich eingetretenen Belastungen. Die Leistungsregelung der nach vorgeschriebenem Fahrplan fahrenden Werke sollte durch unmittelbare Beeinflussung der Beaufschlagung der Antriebsmaschine durch die elektrische Leistung erfolgen. Eine selbsttätige Regeleinrichtung hierfür ist von BBC entwickelt worden. Der Drehzahlregler tritt dabei für den normalen Betrieb zurück, er greift aber sofort wie ein Sicherheitsventil ein, wenn bei Außertrittfallen oder Auslösen der Maschine die Nenndrehzahl um mehr als 5 % überschritten wird. Die frequenzhaltende Maschine wird unabhängig von der Leistung mit möglichst geringen Schwankungen sehr genau auf einen mit der Sternwartezeit verglichenen Mittelwert geregelt, um den Anschluß von Synchronuhren zu ermöglichen.

Beim plötzlichen Ausfall der zusätzlichen Fernstromzuleitung eines zu stark belasteten Netzes mit Eigenerzeugung kann die Synchronisierung dadurch erschwert werden, daß der Dampfdruck des abgeschnittenen Werkes durch die plötzliche Überlastung immer mehr sinkt, so daß die Maschinen nicht mehr auf die Drehzahl des frequenzhaltenden Werkes gebracht werden können. Schnellste Benachrichtigung des Lastverteilers, am besten durch selbsttätige Frequenzfernmeldung, kann darum sehr nützlich sein. Selbsttätige Synchronisierungsvorrichtungen, die sich früher nicht durchsetzen konnten, gewinnen neuerdings wieder an Boden.

Die Spannungsregelung wird natürlich mit zunehmendem Zusammenschluß immer schwieriger, weil die Wünsche der einzelnen Verbrauchszentren miteinander und mit den gewollten Leistungs- und Blindleistungsverschiebungen in Einklang gebracht werden müssen. Als sehr nützlich hat sich die Vereinbarung von Spannungsfahrplänen unter den beteiligten Werken und sonstigen Regelstreifen erwiesen. In Fernleitungen bietet die Blindstromregelung ein sehr willkommenes Mittel zur Spannungshaltung, zumal die aus wirtschaftlichen Gründen zweckmäßige Beeinflussung der Blindstromverteilung in großen Zügen im gleichen Sinne geht. Daher kommen auch die zur Blindstromkompensation eingebauten synchronen und asynchronen Phasenschieber der Spannungshaltung sehr zugute. Wenn aber die gewünschte Blindstromverteilung und Spannungshaltung in Konflikt miteinander treten, so bleibt noch ein zwar teures, aber immer wirksames Mittel in der Einlegung von Spannungsstufen in der Form von Anzapftransformatoren, Zusatztransformatoren (Abb. 39), Schubtransformatoren und Drehreglern. Gegenüber der festen Transformatorenschaltung gewinnen die im Betriebe regelbaren Einrichtungen immer mehr an Bedeutung. Sie haben sich, nachdem anfängliche Schwierigkeiten überwunden worden sind, bis zu den größten Durchgangsleistungen eingeführt. In geschlossenen Ringen kommt die Einlegung solcher Regelstufen mit senkrecht zur Netzspannung liegenden Span-

Abb. 41. Vollselbsttätiger Fahrplanapparat der AEG.

nungsvektoren zur Verdrehung des Spannungsvektors in Aufnahme in Form sogenannter Quertransformatoren (Abb. 40).

Bei sehr langen Fernleitungsstrecken muß die bereits erwähnte Nachregelung des Kompensationszustandes längs der Strecke erfolgen, wobei aber die ohnehin in Abständen von einigen hundert Kilometern notwendigen Transformatorenstationen benutzt werden können. Die Regelung wird im Tertiärkreis der Leistungstransformatoren mittels regelbarer Drosselspulen oder Blindleistungsmaschinen vorgenommen. Damit ein derartiger Betrieb stabil arbeitet, müssen die Regeleinrichtungen außerordentlich schnell ansprechen. Man kann auf diese Weise sehr lange Fernleitungen mit Zwischenentnahmestellen mit längs der Strecke konstanter Spannung bei wechselnder Belastung betreiben (Baumsystem).

Es ist einleuchtend, daß der Betrieb eines großen zusammengeschlossenen Netzsystems nur von einer zentralen Lastverteilungstelle aus geleitet werden kann. Zur Ausrüstung solcher Befehlstellen sind Hilfseinrichtungen vielerlei Art entwickelt worden. Verständigungsmittel wie Drahttelegraphie, Drahttelephonie mittels Schnellschreibers, leitungsgerichtete Telephonie, Raumtelephonie, werden ergänzt durch Fernmeßeinrichtungen für Einzel- und Summenmessung, Fernbetätigungseinrichtungen mit Rückmeldung, Leistungsfernreglern, Leuchtschaltbildern usw. Auf diesem Gebiete hat die Industrie in wenigen Jahren eine umfangreiche Entwicklungsarbeit geleistet, die leider hier nur angedeutet werden kann (Abb. 41).

Das Eingreifen der Lastverteilerstelle ist natürlich in Störungsfällen besonders wichtig, wenn auch dann die ersten Maßnahmen so schnell erfolgen müssen, daß sie in vollkommener Weise nur durch selbsttätige Einrichtungen bewirkt werden können.

Vor allem muß bei Kurzschlüssen die Stabilität des Betriebes gewahrt bleiben. Wenn Kraftwerke nur über die Kurzschlußstelle miteinander verkuppelt sind, so geht während der Spannungsabsenkung die synchronisierende Kraft bedenklich weit herunter und die Verschiedenheit

der gerade eingestellten Antriebsleistungen im Verhältnis zur elektrischen Belastung und zu den Massen kann die Drehzahlen der verschiedenen Maschinengruppen auseinandertreiben. Der natürliche Weg zur Aufrechterhaltung der Stabilität bestände darin, die Antriebsleistungen der einzelnen Maschinengruppen, die vorher entsprechend der gewünschten Lastverteilung eingestellt waren, sofort selbsttätig auf die für die Aufrechterhaltung der Stabilität erforderlichen Beträge umzustellen, und zwar unmittelbar beeinflußt durch elektrische Größen oder, wie

Abb. 42. Kaskaden-Spannungswandler für 220 kV (Koch & Sterzel); stehende Ausführung.

Abb. 44. Topf- und Stützer-Stromwandler für 150 kV (S & H).

auch vorgeschlagen worden ist, in Abhängigkeit von der nun einsetzenden Beschleunigung der umlaufenden Massen. Mit der Entwicklung hierzu geeigneter Einrichtungen hat man sich m. W. noch nicht befaßt, so erwünscht es wäre, Erfahrungen nach dieser Richtung hin zu sammeln. Es müßte sich durch die Praxis ergeben, wie schnell Antriebsmaschinen solchen Beeinflussungen folgen würden. Bei Dampfturbinen dürfte die rechtzeitige Beeinflussung vielleicht gelingen, bei Wasserturbinen beschränkt die Massenwirkung des Wassers die zulässige Regelgeschwindigkeit.

Ein anderes Mittel zur Angleichung von Betriebskraft und Belastung könnte darin bestehen, die Erregung der höher belasteten Maschinen im Kurzschlußfalle zu schwächen.

Gegen die gefährliche Erniedrigung der synchronisierenden Kräfte wird in Amerika empfohlen, große Phasenschieber durch äußerst rasch wirkende Regeleinrichtungen so stark überzuerregen, daß die Koppelspannung von vornherein hoch genug bleibt.

Abb. 43. Spannungswandler der Isoliermanteltype (BBC).

M. Messung.

Aus dem umfangreichen Gebiet der Meßtechnik soll nur einiges über die Betriebsmessungen bei hoher Spannung gesagt werden. Hier war eine weitere Entwicklung der beschrittenen Wege aus wirtschaftlichen Gründen dringend nötig wegen der wachsenden Dimensionen von Strom- und Spannungswandlern üblicher Bauart. Für geringe Leistungsentnahme bei hoher Netzspannung spart man den Spannungswandler ganz durch Anlegen von Schalttafelinstrumenten über kleine Wandler an ohnehin vorhandene Belegungen von Kondensatordurchführungen. Anderseits sind große Spannungswandler durch eine Kette von kleinen Wandlern in Stufenschaltung ersetzt worden, welche übereinander in einem topfartigen Isolierstoffbehälter in Form eines Stützisolators untergebracht sind (Abb. 42). Sie lassen sich bequem in Freiluftausführung bauen. Eine andere, äußerlich ähnliche Form besteht aus einem einfachen Eisenkern ohne Eisenrückschluß, wobei Ober- und Unterspannungswicklung genügend Abstand halten können (Abb. 43).

Auch den Aufbau des Stromwandlers hat man wesentlich verbilligt durch Unterbringung im Fuß eines Stützisolatorkörpers (Abb. 44).

Schließlich sei noch erwähnt, daß der Kathodenstrahl-Oszillograph, an dem verschiedene Stellen des In- und Auslandes eifrig weiterentwickeln, eine ganz außerordentliche Bedeutung für die Hochspannungstechnik gewonnen hat (Abb. 45).

Schluß.

Ich habe versucht, soweit es im Rahmen eines Vortrages möglich war, einen einigermaßen geschlossenen Überblick über die Probleme der Kraftübertragung und den Stand ihrer Lösungen zu geben. Ich möchte die Feststellung anknüpfen, daß in den letzten Jahren die Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Praxis erfreuliche Fortschritte gemacht hat. So kommen die Errungenschaften der neueren Forschungen der Physik und die Arbeitsmethoden der spekulativen Wissenschaften schneller der Praxis zugute. Anderseits werden durch häufige Veröffentlichungen aus den Kreisen der in der Praxis stehenden wissenschaftlich geschulten Ingenieure die Problemstellungen schneller als früher den wissenschaftlichen Forschungstätten zugänglich gemacht.

Abb. 45. Kathodenstrahl-Oszillograph für fortlaufende Überspannungsregistrierung (Hochspannungslabor. der T. H. Berlin).

Bei der Beurteilung neuer Entwicklungsarbeiten sollte man aber m. E. schärfer als bisher zwischen zwei Gruppen unterscheiden: Zur ersten Gruppe möchte ich alle die Neuerungen rechnen, welche zwar neue technische Wirkungen und Möglichkeiten bieten, insbesondere auch neue Sicherheitsmaßnahmen einführen, die Anlagen selbst aber komplizierter und teurer in der Erstellung und Betriebsführung machen. Zur zweiten Gruppe rechne ich die Verbesserungen, welche primär die Betriebsicherheit erhöhen, die Anlagen aber dabei vereinfachen und verbilligen, sei es durch Materialverbesserung und geeignetere Formgebung, sei es durch Entbehrlichmachung von Betriebshilfsmitteln und Schutzeinrichtungen, die man zur Zeit einer weniger vollkommenen Herstellung und Betriebs-

führung hat einführen müssen. Den idealeren Teil der Weiterarbeit sehe ich in der zweiten Gruppe, die allerdings für Erfinder, Konstrukteure und Hersteller weniger reizvoll erscheint. Auch die augenblickliche Sorge um die Arbeitsbeschaffung sollte die Richtung der Zukunftsentwicklung nicht beeinflussen. Vielmehr sollte man mehr noch als bisher wissenschaftliche und wirtschaftliche Kräfte auf vereinfachende Verbesserungen konzentrieren. Ich betrachte es als recht erfreulich, daß sich hierfür beachtenswerte Ansätze zeigen. Denn eine richtig verstandene Kulturarbeit sollte nicht einseitig darin gipfeln, nur ein Maximum von Wirkungen zu erzielen, sondern sollte auch anstreben, dieses mit einem Minimum von Aufwendungen zu erreichen.

Temperaturregler für Schmelzöfen*.

(Mitteilung aus dem Elektrotechnischen Institut der T. H. Breslau.)

Von **H. Rechenberg**, Breslau.

Übersicht. Es werden die Schaltung und Arbeitsweise eines Temperaturreglers angegeben, der es ermöglicht, die Temperatur in elektrisch geheizten Röhrenöfen bei 1000 °C mit einer Genauigkeit von rd. 0,2 % konstant zu halten.

Die vorliegende Untersuchung eines Temperaturreglers entstand aus dem dringenden Bedürfnis heraus, die Temperatur in elektrisch geheizten Schmelzöfen selbst bei größeren Spannungsschwankungen mit größtmöglicher Genauigkeit konstant zu halten, und wurde im Prinzip nach einer in den V. S. Amerika bereits ausgeführten Anlage entwickelt[1]. Die Schaltung des Reglers zeigt Abb. 1.

Abb. 1. Schaltbild des Reglers.

Der im Wheatstoneschen Brückenkreis liegende Widerstand R_4 besteht aus Platin und ist so im Ofen angeordnet, daß sich sein Widerstand entsprechend den Temperaturschwankungen desselben ändert. Ist die Brücke bei einer bestimmten Temperatur abgeglichen und sinkt beispielsweise nach einiger Zeit die Temperatur im Ofen, so soll sich das in der Brücke befindliche Galvanometer K, welches als Kontaktgalvanometer ausgeführt ist, infolge des jetzt auftretenden Ausgleichstromes in der Brücke nach links (s. Abb. 1) bewegen, bis es bei A Kontakt macht. Hierdurch wird an die Verstärkerröhre die Gittervorspannung Null gelegt, welche einen hohen Anodenstrom zur Folge hat und somit das Relais *1* zum Ansprechen bringt. Relais *1* schließt den Stromkreis für die Zugspule von Relais *2*, welches seinerseits den Widerstand W kurzschließt und somit eine Erhöhung des Heizstromes bedingt. Da jetzt eine Temperatursteigerung eintritt, kehrt das Galvanometer seine Bewegungsrichtung um und macht bei B Kontakt. An der Röhre liegt jetzt eine hohe negative Gittervorspannung, und die Relais lösen infolge des dadurch auftretenden niedrigen Anodenstromes wieder aus.

Bei der amerikanischen Schaltung wurde als veränderlicher Brückenwiderstand direkt die Heizwicklung des Ofens benutzt. Hierbei ist Voraussetzung, daß dieselbe aus Platin besteht. Auf Wunsch von Herrn Prof. Dr. Spangenberg wurde der Brückenkreis mit einem besonderen Platinwiderstand, getrennt vom Heizstromkreis, ausgeführt. Die Regelung wird dadurch unabhängig vom Material der Heizwicklung des Ofens. Ferner hat man den Vorteil, daß die Widerstandseinheiten der Brücke erheblich kleiner werden und ihre Belastung entsprechend klein und konstant gehalten werden kann, was in bezug auf die Temperaturbeständigkeit der anderen drei Brückenwiderstände wichtig ist und bei der oben erwähnten Ausführung, bei der ein Teil der Widerstände vom Heizstrom durchflossen wird, nur bei sehr teuren Ausführungen gewährleistet wird.

Der Platinwiderstand wurde direkt an der Heizwicklung untergebracht. Eine Regelung durch Anordnung des Widerstandes im Schmelzraum selbst ließ sich infolge zu großer Wärmeträgheit zwischen Heizwicklung und Schmelzraum nicht durchführen.

Das Kontaktgalvanometer spricht bei einer Empfindlichkeit von $1{,}5 \cdot 10^{-6}$ A bereits bei Temperaturdifferenzen von ± 0,5 °C an. Es ist als Zeigerinstrument ausgeführt und wurde von der Gebr. Ruhstrat AG., Göttingen, geliefert. Es hat sich bei einwandfreier Kontaktgabe gut bewährt. Infolge des mit der Temperatur nicht linearen Verlaufes des Widerstandsverhältnisses R/R_0 von Platin wird die gesamte Anlage bei höheren Temperaturen unempfindlicher. Da jedoch der Ausgleichstrom in der Brücke proportional der Brückenspannung ist, läßt sich durch von vornherein geeignete Wahl der Brückenspannung die Anordnung so treffen, daß auch bei hohen Temperaturen eine genügende Empfindlichkeit des Reglers gewährleistet wird.

Abb. 2. Spannung am Ofen und Temperatur im Schmelzrohr.

Die Zwischenschaltung der Röhre erfolgt, um eine funkenfreie Kontaktgabe des Galvanometers zu erreichen. Durch das Galvanometer werden lediglich über Silitwiderstände (S) negative Gittervorspannungen geschaltet, so daß auch kein Gitterstrom fließt. In dem Punkt C' (s. Abb. 1) liegt dauernd eine mittlere Gittervorspannung an der Röhre, die einen solchen Anodenstrom hervorruft, daß das Relais *1* noch geschlossen bleibt; derselbe genügt aber nicht, um das Relais zum Ansprechen zu bringen. Die Relais sprechen also durch die Kontaktgabe bei A an, bleiben beim Übergang des Galvanometerzeigers von A nach B (Heizperiode) geschlossen, werden durch die Kontaktgabe bei B ausgelöst und bleiben ausgeschaltet wieder bis zur Kontaktgabe bei A.

Die Versuche, die laboratoriumsmäßig mit dieser Anordnung bei Temperaturen von 300 ° ... 1050 ° C im Schmelzrohr gemacht wurden, ergaben Temperaturschwankungen, die bei 1000 ° ± 1 ° C nicht überschritten und bei tieferen Temperaturen weit darunter blieben. Abb. 2 zeigt als Beispiel den Verlauf der Temperatur im Schmelzrohr bei 850 ° C. In dem Diagramm sind die bei dem Versuch vorgenommenen Spannungsschwankungen zwischen 195 und 240 V eingezeichnet. Die Kurve läßt erkennen, daß die plötzlich und für längere Zeit vorgenommenen Spannungsschwankungen Temperaturänderungen von noch nicht ± 1 ° C zur Folge haben. Die Temperaturen selbst wurden mit einem Thermoelement gemessen, die Temperaturschwankungen dagegen mit einer von einer Batterie gespeisten zweiten Wheatstoneschen Brücke und einem Widerstandsthermometer im Schmelzraum.

---

* Die Arbeit verdankt ihre Entstehung einer Anregung des Herrn Prof. Dr. Spangenberg, Direktors des Mineralogisch-petrographischen Instituts der Universität und T. H. Breslau, und wurde im Elektrotechnischen Institut der T. H. ausgeführt.

[1] J. H. Hibben, The use of the grid glow Tube in a Thermoregulator, Rev. scient. Instr., Aug. 1925. — H. S. Roberts, The geophysical laboratory furnace Thermostat, Rev. scient. Instr., Mai 1930.

Zur Zeit wird auf Grund der gewonnenen Ergebnisse für das Mineralogische Institut der Universität Breslau eine Anlage werkstattmäßig ausgeführt. Praktische Betriebserfahrungen liegen daher noch nicht vor. Die gesamte Apparatur läßt sich auf ein Brett von 60 · 50 cm montieren und wird über einen Steckkontakt vom Netz gespeist.

Zum Schluß möchte ich an dieser Stelle nicht verfehlen, Herrn Prof. Dr.-Ing. Hilpert, Direktor des Elektrotechnischen Instituts, und seinem Assistenten, Herrn Dr.-Ing. Seydel, für die mir freundlichst zur Ausführung der Versuche zur Verfügung gestellten Instrumente und zuteil gewordene Beihilfe meinen besten Dank auszusprechen. Ebenfalls sage ich Herrn Prof. Dr. Spangenberg für die mir gelieferten Mittel und geleistete Unterstützung meinen besten Dank.

Inzwischen wurden mit der für Herrn Prof. Dr. Spangenberg ausgeführten Anlage Ergebnisse gewonnen, die sich gut mit den laboratoriumsmäßig gemachten Erfahrungen decken. Als Beispiel sei ein Versuch bei 360 ° C angeführt, der sich über 132 h erstreckte und eine maximale Temperaturdifferenz von 1 ° C aufwies.

RUNDSCHAU.

Leitungen.

Oberflächenbeschaffenheit und Koronaverluste. — Die Tatsache, daß Leitungen nach längerer Betriebszeit geringere Koronaverluste aufweisen, war bisher nicht untersucht worden. Die Messungen wurden an einer 220 m langen dreiphasigen Versuchsleitung ausgeführt. Die Messung der Verluste[1] erfolgte in bekannter Weise durch drei Wattmeter auf Oberspannungspotential. Der Spannungspfad wurde durch einen geschirmten Wasserwiderstand gebildet, die verwendete Salzlösung wurde hinaufgepumpt und durch eine Brause versprüht. Die notwendige Wassermenge wurde durch eine sinnreiche wattmetrische Messung dauernd überwacht. Die Ablesung der Wattmeter erfolgte durch Fernrohr. Zur Spannungsmessung dienten die in Amerika übliche „dritte Spule" und die Kugelfunkenstrecke. Untersucht wurden gealterte und neue Seile verschiedener Verseilart und verschiedenen Materials. Die Versuche hatten folgende Ergebnisse: Neue Kupfer- und Aluminiumseile gleicher Oberflächenbeschaffenheit haben gleiche Koronaverluste. Einlagige Einzollseile sind wegen ihrer Verlusthöhe bei 220 kV nicht zu empfehlen. Hohlseile von 0,91 Zoll (22 mm) Dmr. haben zwar bei 220 kV geringe Verluste, doch ist der Anstieg der Verlustkurve nach dem Betriebspunkt derart, daß solche Seile einen zu geringen Sicherheitsgrad besitzen. Die bekannte Tatsache[2], daß Seile mit Runddrahtbewehrung höhere Verluste zeigen als Seile mit glatter Oberfläche, wurde bestätigt. Um den Einfluß von Seilalter und Oberflächenreinheit festzustellen, wurden Versuche vor und nach Regenfall sowie vor und nach einer Reinigung der Seile unternommen. Die wiedergegebenen Versuche während des Falls von Regen sind nicht auswertbar. Regen hat auf fabrikneue Seile die Wirkung, daß er die Verluste herabsetzt. Gereinigte Seile zeigen nach Regen höhere Verluste als vor Regen. Erstere Erscheinung ist eine Folge des Abwaschens von Öl und Staubstellen, welche bevorzugte Glimmpunkte darstellen. Das Ansteigen der Verluste bei gereinigten Seilen nach Regen erklärt sich durch die Niederschläge der festen Bestandteile der Regentropfen auf der Leiteroberfläche. Um eindeutige Verhältnisse zu schaffen, wurden die Seile mit Gasolin, Seife und Wasser gereinigt und dann neu gemessen. Die Reinigung setzte die Verluste erheblich herab, sie stiegen nach einigen Tagen nur wenig an. Abb. 1 gibt einen Überblick über die Meßergebnisse.

Abb. 1. Koronaverluste an Seilen.

Zwischen den Messungen vor und nach dem Waschen liegen nur 1 ... 2 Tage. Diese Tatsache gebietet Vorsicht in der Beurteilung des durch Waschen erzielbaren Dauerwertes der Verlustminderung. Die Verfasser sind der Ansicht, daß man die Ölreste der Herstellung ruhig an dem Seil lassen könne, da ja Regen sie ohnedies abwasche. Die Frage der Verlustminderung scheint durch die vorliegende Arbeit nur zum Teil geklärt, da z. B. den Oxydationsfragen keine eingehende Beachtung geschenkt wurde. (J. S. Carroll, L. H. Brown u. D. P. Dinapoli, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 49, S. 987.) *Hlz.*

[1] Vgl. J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 44, S. 942 (1925); ETZ 1927, S. 542.
[2] ETZ 1927, S. 1331.

Meßgeräte und Meßverfahren.

Untersuchung der Spitzenlagerung von Elektrizitätszählern. — G. Grunberg hat sich zur Aufgabe gestellt, die Abnutzungsverhältnisse von Spitzen und Steinen bei Elektrizitätszählern zu untersuchen. Er ließ zu diesem Zweck in einem besonderen Versuchsgestell die betriebsmäßig für Zähler verwendeten Spitzen auf Steinen mit etwa 800 U/min laufen und stellte nach gewissen Gesamtumlaufzahlen die Abnutzungen fest. Der Antrieb dieser Spitzen geschah durch einen Ventilator, in dessen Luftstrom sich die mit kleinen Windrädern ausgerüsteten Achsen befanden. Auf diese Weise ließ sich gleichzeitig die Abführung der bei genannter Drehzahl in ungleich höherem Maße als bei normalem Zählerbetrieb entstehenden Reibungswärme erreichen. Die Ausmessung der Abnutzung von Spitze und Stein geschah mit Hilfe photographischer Aufnahmen; für den Stein wurde zu diesem Zwecke ein Abdruck genommen. An Hand der Photographien konnte man mit geeigneten Schablonen den Abnutzungsdurchmesser leicht feststellen (Abb. 2).

Abb. 2. Abnutzungsdurchmesser an Spitze und Stein.

Abb. 3. Fehlerkurven eines Einphasenzählers in Abhängigkeit vom Abnutzungsdurchmesser der Spitze.

Eine erste Versuchsreihe an 100 Spitzen und Steinen derselben Lieferung ergab u. a. die in Zahlentafel 1 zusammengestellten Werte. Die Spitzen bestanden aus nicht

Zahlentafel 1.

Zahl der Umläufe	noch brauchbar	
	Spitze %	Stein %
1 · 10⁶	17	43
2 · 10⁶	6	28
3 · 10⁶	2	27
5 · 10⁶	0	26
10 · 10⁶	0	12

näher bezeichnetem Stahl, als Steine wurden Rubine verwendet. Wie diese Ergebnisse erkennen lassen, sind bereits nach 1 Mill Umläufen 83 % der Spitzen unbrauchbar.

Die folgenden Untersuchungen beschränkten sich deshalb auf eine Probe für 100 000 und 1 Mill Umläufe. Die Abnutzungsdurchmesser für verschiedene Spitzen und Steine sind in einer Reihe von Zahlentafeln zusammengestellt. Ein interessanter Vergleichsversuch mit einem Diamanten ergab, daß nach 25 Mill Umläufen weder an der Spitze noch am Stein irgendwelche Abnutzung zu bemerken war. Erst nach 30 Mill Umläufen konnten mit Hilfe des Mikroskopes Spuren einer Abnutzung festgestellt werden.

Ferner wurde die Wirkung verschiedener Abnutzungsdurchmesser der Spitzen auf die Meßgenauigkeit eines normalen Einphasenzählers untersucht. Abb. 3 zeigt die gewonnenen Fehlerkurven für 1/10, 1/20 und 1/50 der Normallast. Der Verfasser kommt zu dem Endergebnis, daß ein Abnutzungsdurchmesser größer als 0,1 mm nicht zugelassen werden sollte. Dies entspricht nach seinen Erhebungen einer etwa zweijährigen Betriebsdauer.

Die Messungen wurden an ungeschmierten Lagern durchgeführt; leider fehlen irgendwelche Angaben über die Wirkung verschiedener Lagerdrücke[1]. (G. Grunberg, Rev. Gén. de l'El. Bd. 28, S. 273.) *J. D.*

Apparate.

Belüftung elektrischer Schalträume. — Die in neuzeitlichen Schaltanlagen von Drosselspulen und Transformatoren ausgestrahlten großen Wärmemengen haben, wie R. Baker berichtet, in Amerika dazu geführt, daß man die Schalträume mit besonderen, für jede Phase getrennten Lüftungskanälen versieht. Einmal soll bei allen vorkommenden Sommertemperaturen die in der Schaltanlage erzeugte Wärme abgeführt werden, und die Temperatur der austretenden Luft unterhalb der für die Apparate zulässigen Maximaltemperatur bleiben. Ferner muß immer genügend Luft zur Verfügung stehen, um einen wirksamen Umlauf zu gewährleisten, so daß auch im Falle auftretender Störungen, Brände usw. der Rauch rasch entfernt werden kann. Damit auch im Winter eine gleichmäßige Innentemperatur erzielt wird, werden im Druckrohr des Ventilators dicht hinter dem letzteren Heizspulen eingebaut. Die Reinigung der Eintrittsluft geschieht durch ein vor dem Ventilator angeordnetes Filter. Abb. 4 stellt eine Schaltanlage dar, bei welcher die Phasen übereinander liegen, während Abb. 5 für horizontale Anordnung gilt.

Abb. 4. Belüftung einer Schaltanlage mit übereinander liegenden Phasen.

Abb. 5. Belüftung einer Schaltanlage mit nebeneinander liegenden Phasen.

a Frischluft-Eintritt, *b* Luftreiniger, *c* Ventilator, *d* Heizspulen, *e* Druckkammer, *f* Drosselspule, *g* Lufteinlaß-Sieb, *h* Tür, *i* Bedienungsraum, *k* Zirkulationsluft, *l* Ventilklappe, *m* Luftaustritt, *n* Dach, *o* Schalter-Flur.

Normalerweise findet fast ein reiner Zirkulationsprozeß statt, da die Klappe *b* nur so viel der zirkulierenden Luft entweichen läßt, als zur Einstellung der erforderlichen Lufttemperatur nötig ist. Im Fall eines Brandes muß die Klappe natürlich weit geöffnet werden, um den in der Abluft enthaltenen Rauch ins Freie entweichen zu lassen. Der Luftstrom wird so geleitet, daß die Luft in Räume mit starker Wärmeentwicklung unten ein- und oben austritt. Die Trennung der Luftkanäle für jede Phase soll verhindern, daß im Falle eines Brandes durch die Gase Stromübergänge von Phase zu Phase geschaffen werden.

Der Vorteil einer derartigen Anlage ist, daß die Schalträume nicht an der Außenmauer zu liegen und mit Fenstern versehen zu sein brauchen, daß Radiatoren und Dampfheizung überflüssig werden. (R. Baker, El. World Bd. 97, S. 643.) *Ka.*

Bergbau und Hütte.

Künstliche Atmosphären für Elektroöfen und ihre Anwendung. — Es ist hinreichend bekannt, daß, wenn ein Stück Eisen an der Luft oder in einem Ofen erwärmt wird, sich eine schwarze Schicht Eisenoxyd bildet. Es ist auch bekannt, daß, wenn das Stück wieder in einer Atmosphäre von Wasserstoff oder Kohlenoxyd erwärmt wird, sich das Oxyd wieder in Eisen zurückverwandelt. Diese Reaktionen hängen hinsichtlich ihres Wirkungsgrades von bestimmten physikalischen und chemischen Bedingungen ab, wie Temperatur, Dampfdrücke des Oxydes, Teildrücke und chemische Gleichgewichtsverhältnisse der in Betracht kommenden zusammengesetzten Gase in der Atmosphäre. So oxydiert ein Stück Eisen nicht in einem Ofen bei niedriger Temperatur, und bei einem oxydierten Stück wird das Oxyd in einer Atmosphäre von Wasserstoff bei niedriger Temperatur nicht reduziert oder in Eisen zurückverwandelt. Eine bestimmte Temperatur ist unter anderen Bedingungen erforderlich, um diese Reaktionen zu erzeugen. Eisenoxyd, Fe_3O_4, verbindet sich bei richtiger Temperatur mit Wasserstoff, H_2, um Eisen, Fe, und Wasserdampf, H_2O, zu erzeugen nach folgender Gleichung:

$$Fe_3O_4 + 4\,H_2 = 3\,Fe + 4\,H_2O.$$

Diese Reaktion, die tatsächlich in zwei Stufen stattfindet, kann nicht unendlich weit mit einer bestimmten Zufuhr von Wasserstoff weitergeführt werden, da der aufgebrauchte Wasserstoff durch ein gleiches Volumen Wasserdampf ersetzt wird, und die Atmosphäre würde bald eine zu große Menge Wasserdampf enthalten. Das Maß, bis zu dem Wasserdampf anwesend sein kann und die Reaktion nicht verhindert, ist als der Gleichgewichtszustand im Eisenoxyd-Wasserstoff-Wasserdampf-System bekannt. Richtiger ist das chemische Gleichgewicht der Punkt, bei dem in keiner Richtung eine Reaktion stattfindet, also wenn

[1] Zur Ergänzung der oben mitgeteilten Ergebnisse sei verwiesen auf: R. M. Fichter, Rev. Gén. de l'El. Bd. 15, S. 1035, 1081, 1131 (1900); ETZ 1926, S. 167. R. Schachenmeier, ETZ 1927, S. 203.

die Atmosphäre dem Einsatz gegenüber neutral ist. Dieser Gleichgewichtspunkt ändert sich mit der Temperatur, wie aus den Kurven der Abb. 6 hervorgeht. Die Bildung oder Reduktion von Oxyden ist von der Temperatur und dem Teildruck des Sauerstoffs abhängig.

Die Temperatur und die Druckbedingungen zur Bildung oder Reduktion von verschiedenen Metallen weichen sehr weit voneinander ab. Es ist theoretisch möglich, die Oxyde aller Metalle durch Regelung der Teildrücke des Sauerstoffs durch Vakuum oder Druck zu verringern, aber die praktischen Schwierigkeiten, hohe Drücke oder Vakuum zu erhalten, sind groß. Das Ergebnis kann man leichter durch Verwendung von leicht oxydierbarem Gas, wie Wasserstoff oder Kohlenoxyd, erhalten. Es ist eine Tatsache, daß die Gegenwart eines stark reduzierenden Gases, wie Wasserstoff, den Teildruck von Sauerstoff auf außerordentlich niedrige Werte verringert; dadurch lassen sich die grundlegenden Prinzipien erklären, die die Oxydation von Metallen und die Reduktion der metallischen Oxyde beeinflussen.

Abb. 6.

Wasserstoff ist dasjenige Gas, welches gewöhnlich für die Reduktion von metallischen Oxyden benutzt wird, und viele metallurgische Verfahren hängen von seinem Gebrauch ab. Umgekehrt kann es in Öfen verwendet werden, um Metalle vor Oxydation zu schützen. Hierzu eignet sich besonders der Elektroofen, weil die wärmeerzeugende Einrichtung keinen Einfluß auf die chemische Zusammensetzung der Atmosphäre hat, so daß es möglich ist, dieselbe nach Wunsch zu regeln.

Stickstoff kann mit Wasserstoff in Ofenatmosphären benutzt werden, wodurch sowohl die Kosten als auch die Entzündbarkeit verringert werden. Derselbe ist gegen Metalle und Oxyde inert und wirkt somit als Verdünnungsmittel. Stickstoff ist ein wesentlicher Bestandteil von zersetztem Ammoniakgas und in kleinen Mengen im Leuchtgas anwesend, bildet aber kein wichtiges Element in Ofenatmosphären. (The Iron Age Bd. 126, S. 776.) *Ill.*

Physik und theoretische Elektrotechnik.

Kalorimetrische Absolutmessung des elektrolytischen Leitvermögens für hochfrequenten Wechselstrom. — Die Tatsache, daß man mit unterirdischen Antennen senden und empfangen kann und daß drahtloser Verkehr mit untergetauchten Unterseebooten möglich ist, legt die Frage nahe, ob die Verringerung der Leitfähigkeit von Elektrolyten wie Seewasser, die ja aus ihrer Durchsichtigkeit folgt, bereits im Bereich der Frequenzen der drahtlosen Telegraphie eintritt. Um den bei diesen Frequenzen starken Einfluß des Verschiebungsstromes zu vermeiden, mißt E. Justi die Leitfähigkeit kalorimetrisch. Der zu untersuchende Elektrolyt wird im Innern einer Spule auf induktivem Wege erwärmt. Die Theorien der induktiven Heizung, besonders diejenige von Fischer und Wever, gestatten mit genügender Genauigkeit, aus der entstehenden Wärmemenge das Leitvermögen zu berechnen, wie Heizversuche an Metallen zeigten. Die Schwierigkeiten, welche die Herstellung eines ausreichenden Wärmeschutzes zunächst boten, ließen sich überwinden. Die Versuche zeigten, daß kein größenordnungsmäßiger Abfall des Leitvermögens, der auf die Extinktionsprobleme der drahtlosen Telegraphie einen Einfluß haben könnte, stattfindet. (E. Justi, Ann. Phys. Bd. 2, S. 65.) *Br.*

Fernmeldetechnik.

Fernsprechkabelkanäle. — Die Ausführungsformen von Kabelkanälen für Fernsprechkabel werden von Ew. Müller und F. Krüger in ihrer geschichtlichen Entwicklung beschrieben. Die Kanäle erfüllen ihren Zweck, die Kabel gegen Beschädigung zu schützen, sie dauernd zugänglich zu erhalten und die jederzeitige Vermehrung zu ermöglichen, aber es war bisher nicht gelungen, sie gas- und wasserdicht herzustellen. Eindringendes Leuchtgas breitet sich weit aus und erzeugt gesundheitliche und Explosionsgefahren. Das Wasser gelangt bei Bleimantelfehlern in die Kabelseele und ruft Störungen hervor, es schwemmt Sinkstoffe an die Kabel, die die Bleimäntel angreifen, und es erleichtert Irrströmen den Weg zu den Kabeln. Die einzelnen Werkstücke, aus denen die Kanäle zusammengebaut werden, lassen sich zwar gas- und wasserdicht machen, aber die Schwierigkeit liegt darin, dasselbe auch für die Stoßstellen zu erreichen. Bei den aus Zementformstücken hergestellten Kabelkanälen der Deutschen Reichspost werden die Stoßstellen mit einem Wulst aus Zementmörtel umgeben, sie halten aber den Bewegungen des Erdreichs und den Erschütterungen des Bodens durch Lastwagen nicht stand. Auch das Umkleiden der Stoßstelle mit Vergußrahmen oder Zementmuffen, die mit flüssigem Zementmörtel ausgegossen werden, hat nicht zu dauerndem Erfolg geführt. Mehr Aussicht scheint ein neues Verfahren der Firma Burmeister in Hamburg zu bieten, das zur Zeit bei der Reichspost erprobt wird. Hierbei erhalten die Kopfenden der Zementformstücke verdickte Wände und in der Stirnfläche eine die Rohröffnungen gemeinsam umschließende 30 mm tiefe Rinne, die sich nach innen von 8 mm auf 5 mm verjüngt. Beim Zusammensetzen der Formstücke werden die Rinnen der beiden aneinanderstoßenden Stirnflächen mit Dominatormasse gefüllt und die Stirnflächen mit Masse bespritzt. Dann wird in die Rinne des einen Formstücks eine der Form der Rinne angepaßte 55 mm breite Manschette aus Eisenblech oder einem sonst geeigneten Stoff eingedrückt und das zweite Formstück so herangeschoben, daß der überstehende Teil der Manschette sich in dessen Rinne eindrückt. Die an der Stoßfuge herausquellende Masse wird über die Fugennaht verstrichen. Der Vorteil des Verfahrens besteht darin, daß es einfach ist, wenig Zeit beansprucht und daß die Stoßverbindung in gewissen Grenzen nachgiebig bleibt, weil die Masse auch bei niedrigen Temperaturen nicht erstarrt. Versuche haben ergeben, daß die Dichtung nach Burmeister einem von innen wirkenden Wasserdruck bis zu 4 atü standhält. Kurze Kanalversuchstrecken haben bei einem rd. zweijährigen Lagern unter Wasser ohne erhöhten Druck vollständig trockene Rohrzüge behalten. Ferner ist bei einem mit Luft unter 2 atü gefüllten unter Wasser gelegten Versuchskanal längere Zeit kein Austreten der Luft beobachtet worden. Ein Vorzug des Verfahrens ist, daß der Kanalgraben nicht längere Zeit offen zu bleiben braucht, wie beim Trocknen der Zementmörtel-Verbindungen, und daß man im Bedarfsfall den Kanal leicht wieder auseinanderziehen und umbauen kann. Falls das Verfahren sich dauernd bewährt und sich auch als wirtschaftlich befriedigend erweist, wird es einen wesentlichen Fortschritt im Kabelkanalbau darstellen. (Ew. Müller u. F. Krüger, Europ. Fernspr. H. 22, S. 144.) *Bkm.*

Herstellung konstanter Schwingungsfrequenzen eines Röhrengenerators. — Bei der häufigen Benutzung des Röhrengenerators für Meßzwecke ist der unangenehmste Fehler eine Inkonstanz der Schwingungsfrequenz, die im wesentlichen auf Schwankungen der Heizstromstärke beruht, wie sie auch bei Anwendung von Akkumulatoren mit großer Kapazität infolge geringer Spannungsverminderungen auftritt. Bereits Heizstromschwankungen von 0,2 % können besonders beim Überlagerungsverfahren die Meßergebnisse vollständig verfälschen. Der Einfluß des Heizstromes beruht nach F. Maske in einer Änderung der Kapazität des Röhrensystems, die entweder tatsächlich durch eine Vergrößerung der räumlichen Ausdehnung der Raumladung hervorgerufen wird oder durch eine Änderung des Röhrenwiderstandes vorgetäuscht wird. Da Röhrenkapazität und Anodenkapazität hintereinander geschaltet sind und in diesem Fall die kleinere Kapazität den größeren Einfluß hat, so ergibt sich die meßtechnische Folgerung, daß die Röhre durch einen möglichst kleinen Anodenkondensator an den Schwingungskreis zu koppeln ist. In der Tat konnten Schwankungen von mehreren Prozent, die bei einem Anodenkondensator von 3600 cm durch Heizstromänderung von 0,49 A bis 0,51 A hervorgerufen wurden, auf 10 % herabgedrückt werden durch Anwendung eines Anodenkondensators von 90 cm. (F. Maske, Phys. Z. Bd. 30, S. 197.) *Br.*

Verschiedenes.

Elektrische Gasreinigung. — Die Simon-Carves Ltd. in Manchester hat neuerlich einen Teerabscheider nach dem elektrischen Gasreinigungsverfahren von Cottrell auf den Markt gebracht, wobei an Stelle des üblichen rotierenden Gleichrichters Westinghouse-Kupferoxyd-Gleichrichterröhren Verwendung finden. Bekanntlich haben sich Hochspannungsglühventile für diese Zwecke wegen ihrer beschränkten Lebensdauer bisher nicht durchsetzen können.

Die Firma schreibt dem Röhrengleichrichter eine bessere Umformung und geringere Unterhaltungskosten zu, obwohl die Anschaffungskosten höher liegen als beim rotierenden Gleichrichter. Es fehlt allerdings die Angabe, ob nur eine solche Röhre in Halbwellenschaltung, oder mehrere, etwa in Graetzschaltung, benutzt werden. Folgende Daten werden mitgeteilt:

Kraftbedarf/h bei Teerabscheider mit mechanischem Gleichrichter	2,75 kW
Kraftbedarf/h bei Teerabscheider mit Gleichrichterröhre	0,98 kW
Kraftersparnis/h	1,77 kW
Kraftersparnis im Jahr	15 500 kWh
Ersparnis im Jahr bei 3/4 d (6,25 Pf)/kWh (= 1000 RM).	48 £ 10 s

Der Kraftbedarf des Simon-Carves-Teerabscheiders ist geringer als 1 kW für rd. 2700 m³ Gas, der Druckverlust unter 0,6 mm WS. Eine Zusammenstellung der Betriebskosten einer Anlage für 27 000 m³ Gas ergibt:

Täglicher Kraftverbrauch 10 kWh bei 3/4 d (= 6,25 Pf)/kWh	7 1/2 d (≈63 Pf)
tägliche Instandhaltungskosten	2 d (≈13 Pf)
tägliche Betriebskosten	3 d (≈20 Pf)
insgesamt für 1 Tag	1 s 0 1/2 d (≈96 Pf)

Es wird ein Wirkungsgrad von 99,9 % erreicht, der gewonnene Teer kann ohne weitere Destillation als Straßenteer verwendet werden. Über die Lebensdauer der Glühventile, die für ihre allgemeine Anwendung auf diesem Gebiet entscheidend ist, wird nichts Genaueres berichtet. (C. M. S. Tupholme, El. Rev. London Bd. 109, S. 359.) *Lsr.*

Jubiläumstagung des Berliner Bezirksvereins Deutscher Ingenieure. — Am 30. VIII. d. J. waren 75 Jahre seit Gründung des Berliner Bezirksvereins Deutscher Ingenieure verflossen. Diese fiel noch in das Jahr 1856, in dem auch der Hauptverein in Alexisbad erstand[1]. Eine Gedenkfeier vereinigte die Mitglieder des Bezirksvereins am 18. X. im Lichthof der T. H. Berlin, an der sich viele Vertreter der Behörden, wissenschaftlichen Institute und befreundeter Vereine beteiligten. In den Ansprachen wurde durchweg das erfolgreiche Wirken des Vereins zur Förderung der Technik und des Gesamtvereins hervorgehoben und anerkannt. Der Rektor der Technischen Hochschule, Bergrat Tübben, betonte die enge Verbundenheit der Lehrkräfte mit dem Verein durch deren Mitarbeit in diesem wie durch gemeinsame wissenschaftliche Forschungs- und Vortragsarbeit, wobei insbesondere bei letzterer auf die Mitwirkung von Prof. Orlich hingewiesen wurde. Oberbürgermeister Dr.-Ing. Sahm führte aus, daß sich die Tätigkeit des Vereins nicht nur als Standesvertretung erwiesen habe, sondern seine Arbeiten auch vornehmlich der wissenschaftlichen Ausbildung seiner Mitglieder gegolten haben. Dadurch ist die Stadt Berlin mit der Beuthschule und der Technischen Hochschule in besonders enge Beziehung zum Bezirksverein gekommen. Doch am wertvollsten haben sich für die Stadt Berlin die im Verein verankerten Beziehungen zur Industrie erwiesen. Er erinnerte hier an die schweren Zeiten nach 1870, wo die Unternehmungslust sich wie heute übernommen hatte und viele Jahre zu kämpfen waren, um das Ungemach zu überwinden. Hier waren es Männer wie Werner v. Siemens und Emil Rathenau, welche den Grundstein zu der bedeutenden elektrotechnischen Industrie Berlins legten, wofür die Stadt an erster Stelle zu danken habe. Aus den Arbeiten des Vereins hob weiter Prof. de Thierry, der die Glückwünsche des Deutschen Verbandes technisch-wissenschaftlicher Vereine überbrachte, die Mitwirkung am Außen-Institut der Technischen Hochschule, den Quellennachweis und die Illustrierten technischen Wörterbücher, ein Werk internationalen Wertes, hervor. Beachtenswert war, daß alle Redner wie bereits der Vorsitzende Prof. Föttinger in seiner Begrüßungsansprache auf den Kampf gegen die heutige Notzeit eingingen. Die Reinheit und Sachlichkeit der technischen Arbeit, die durch den Zwang zur Vertiefung auch den Willen zur Arbeit schafft, seien hier als Richtschnur zum Gelingen zu nehmen. Aus dem Wirken großer Ingenieure der Vergangenheit zeigte Prof. Matschoß die Eigenschaften auf, die heute im Kampf um die Notzeit erforderlich sind, um die Schwierigkeiten zu überwinden. *Pge.*

[1] Vgl. ETZ 1931, S. 976.

Energiewirtschaft.

Neuer Haushaltstarif der Pariser Elektrizitätswerke. — Die Compagnie Parisienne de Distribution d'Electricité hatte 1928[1] einen Blocktarif für den Haushalt eingeführt, der auf der Benutzungsdauer des Anschlußwertes beruhte und drei Preisstufen vorsah. Dieser Tarif hat sich in der ursprünglichen Form nicht bewährt, weil er den Abnehmern für die Verwendung größerer Apparate nicht die gewünschte Strompreisverbilligung brachte. Bei Anschluß eines größeren Koch- oder Heizgeräts wurden der Anschlußwert und damit der erste und zweite Block vergrößert, so daß der Abnehmer einen Teil des zusätzlichen Stromverbrauchs nach der hohen und mittleren Preisstufe bezahlen mußte. Diesem Mangel versucht eine Änderung dieses Tarifs, die anfangs 1931 eingeführt wurde, zu begegnen. Der neue Tarif — ebenfalls ein Blocktarif — beruht nicht mehr auf dem Anschlußwert, sondern auf der Zimmerzahl, sieht allerdings bezüglich des Anschlußwerts für jede Wohnungsgröße eine obere Grenze vor. Er sieht folgendermaßen aus:

Zimmerzahl	Erster Block kWh	Zweiter Block kWh	Höchstleistung kW
1	70	35	1
2	100	50	1
3	130	65	1.5
4	160	80	1.5
5	200	100	2.0
6	240	120	2.0
7	300	150	2.5
8	380	190	2.5
9	460	230	3.0
10	540	270	3.0
über 10	80 kWh mehr je Zimmer	40 kWh mehr je Zimmer	4.0

Abb. 7. Schaltzeiten für den Dreifachtarif der Pariser Elektrizitätswerke.

Die Preisstufen sind mit 1,68 Fr/kWh (27,7 Pf/kWh[2]) für den ersten Block, 0,989 Fr (16,3 Pf) für den zweiten Block und 0,45 Fr (7,4 Pf) für den Mehrverbrauch unverändert geblieben. Die zugelassenen Höchstleistungen hat man so reichlich bemessen, daß alle gebräuchlichen Kochgeräte (Herde) und Warmwasserbereiter ohne weiteres verwendet werden können. Durch die Leistungsgrenze soll lediglich der Anschluß großer Raumheizkörper ohne Speichermöglichkeit nach diesem Tarif und deren Benutzung während der Lichtspitze verhindert werden. Für derartige Fälle steht ein Dreifachtarif zur Wahl, der sich an den Blocktarif anlehnt. Die Schaltzeiten gehen aus Abb. 7 hervor. Als Winter werden hierbei die Monate Januar bis März und Oktober bis Dezember, als Sommer die Monate April bis September gerechnet. Als Verrechnungsbasis dient der Preis für den zweiten Block des Blocktarifs (0,989 Fr/kWh = 16,3 Pf/kWh). Auf diesen werden folgende Zuschläge und Nachlässe berechnet:

Tarifzeit	Nachlaß (−) Zuschlag (+)	result. Preis	
		Fr/kWh	Pf/kWh
Nacht	− 70%	0,297	4.9
Tag	− 23 „	0,762	12.6
Spitze	+ 50 „	1,483	24.5

Weiter wird unter Berücksichtigung der Zimmerzahl der Wohnung für die dem ersten Block des Blocktarifs entsprechende Zahl Kilowattstunden ein Zuschlag in Höhe der Differenz zwischen den Preisen für den ersten und zweiten Block berechnet, wobei man annimmt, daß der erste Block den Lichtstromverbrauch umfaßt. Der Aufbau dieses Tarifs ist etwas kompliziert. Beide Tarife führen besonders bei Verwendung von Haushaltgeräten zu niedrigen Durchschnittspreisen. So ergibt sich beispielsweise für eine Vierzimmerwohnung mit einem jährlichen Verbrauch von 500 kWh nach dem Blocktarif ein mittlerer Strompreis von etwas über 15 Pf/kWh. Bei der gleichen Wohnungsgröße und einem Verbrauch von 1000 kWh, von denen 350 zum Nachttarif, 400 zum Tagtarif und 250 zum Spitzentarif entnommen werden (z. B. bei Anschluß eines größeren Herdes und eines Heißwasserspeichers), stellt sich nach dem Dreifachtarif der mittlere Preis auf 14,7 Pf/kWh. (H. Demierre, Elektrizitätsverw. Bd. 6 (1931), S. 117.) *Ni.*

[1] Vgl. ETZ 1928, S. 1279.
[2] Umrechnungskurs 100 Fr = 16,50 RM.

Erzeugung und Verbrauch elektrischer Arbeit in Deutschland[1]. — Gegenüber dem Vormonat[2] ist die Erzeugung der 122 Elektrizitätswerke im September 1931 um 32,3 Mill kWh (3 %) und arbeitstäglich um 1,242 Mill kWh (3 %) gewachsen, hinter der Produktion im Parallelmonat des Vorjahres aber um 163,2 bzw. 6,275 Mill kWh (je 12 %) zurückgeblieben. Der Anschlußwert der von 103 Werken versorgten gewerblichen Abnehmer stellte sich im August gegenüber dem Vormonat um 2000 kW und, verglichen mit dem August 1930, um 0,142 Mill kW (3 %) höher. Dagegen hat der Verbrauch der genannten Konsumenten durchweg abgenommen, u. zw. gegen den Juli um 18,9 Mill kWh (4 %) und gegenüber dem gleichen Monat des Vorjahres um 14,1 Mill kWh (3 %). Arbeitstäglich betrugen diese Rückgänge 52 000 kWh bzw. 0,543 Mill kWh (3 %). Je Kilowatt Anschlußwert war der Konsum um 6 % niedriger als im August 1930 und um 19 % schwächer, wenn man ihn mit demselben Monat von 1929 vergleicht.

[1] Vgl. ETZ 1931, S. 1368.
[2] Für August hat das Statistische Reichsamt jetzt wesentlich geringere Arbeitsmengen angegeben als in dem vorhergehenden Bericht.

Monat	Arbeitstage		Von 122 Elektrizitätswerken selbst erzeugte Mill kWh: insgesamt		arbeitstäglich		Anschlußwert und Verbrauch der von 103 Elektrizitätswerken direkt belieferten gewerblichen Abnehmer: Anschlußwert Mill kW		Gesamtverbrauch Mill kWh		arbeitstäglicher Verbrauch: insgesamt Mill kWh		kWh/kW Anschlußwert	
	1931	1930	1931	1930	1931	1930	1931	1930	1931	1930	1931	1930	1931	1930
I.	26	26	1357,6	1555,7	52,2	59,8	4,6	4,6	462,5	545,0	17,8	21,0	3,9	4,6
II.	24	24	1208,5	1392,5	50,4	58,0	4,6	4,6	438,5	512,8	18,3	21,3	4,0	4,7
III.	26	26	1266,9	1430,1	48,7	55,0	4,6	4,6	458,8	523,4	17,6	20,1	3,8	4,4
IV.	24	24	1133,2	1291,7	47,2	53,8	4,6	4,6	440,2	485,8	18,3	20,2	4,0	4,4
V.	24	26	1104,5	1296,4	46,0	49,9	4,6	4,6	443,4	498,9	18,5	19,2	4,0	4,2
VI.	26	24	1093,3	1170,1	42,1	48,8	4,6	4,6	462,3	463,8	17,8	19,3	3,9	4,2
VII.	27	27	1143,9	1268,5	42,4	47,0	4,6	4,5	475,6	479,7	17,6	17,8	3,8	4,0
VIII.	26	26	1115,6	1272,6	42,9	48,9	4,6	4,5	456,7	470,8	17,6	18,1	3,8	4,0
IX.	26	26	1147,9	1311,1	44,2	50,4	.	4,5	.	468,4	.	18,0	.	4,0

VEREINSNACHRICHTEN.

EV
Elektrotechnischer Verein.
(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33 II, Fernspr.: C 4 Wilhelm 8885 u. 8886 zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Einladung

zur Fachsitzung für Elektromaschinenbau (EVM) am Dienstag, dem 8. Dezember 1931, 7½ Uhr abends, in der Aula der Technischen Hochschule zu Charlottenburg.

Tagesordnung:

Vortrag des Herrn Dr.-Ing. Pohl über das Thema: „Mechanische Probleme bei großen Turbogeneratoren".

Inhaltsangabe:

1. Das Induktorschmiedestück. Ölvergüteter oder normalisierter Stahl? Die Bruchgefahr. Die Dauerfestigkeit. Darf die Streckgrenze der Berechnung zugrunde gelegt werden? Die Eigenspannungen, ihre Ursache und Größe. Forschungsergebnisse. Verfahren der Untersuchung großer Schmiedestücke. Größtmögliche Abmessungen und kritische Drehzahl.

II. Die Induktorwicklungen. Kupfer oder Aluminium? Die mechanischen und thermischen Verhältnisse im Wickelkopf. Die axialen Wärmebewegungen und die Beständigkeit der Isolation. Mittel zur Beherrschung der axialen Bewegungen.

Gäste willkommen!

Nachsitzung im „Grand-Hotel am Knie", Charlottenburg, Bismarckstr. 1.

Fachausschuß für Elektromaschinenbau.
Der Vorsitzende.
Dr. Kloss.

Bekanntmachung
betr. „Wohltätigkeitsfest der Technik".

Auf dem „Wohltätigkeitsfest der Technik" sind 500 wertvolle Gewinne der Tombola nicht ausgegeben worden. Um den Mitgliedern der veranstaltenden Vereine und ihren Angehörigen diese Gewinne zugängig zu machen und den Erlös der restlichen Lose den Unterstützungskassen der Vereine zuzuführen, findet

am Donnerstag, dem 10. Dezember 1931, 17 Uhr, im Marmorsaal des Zoologischen Gartens (Eingang Adlerportal)

ein

Tanz-Tee

statt. Es werden 500 Lose ausgegeben, so daß jedes Los ein Gewinn ist. Weiter sind neben Musik und Tanz auch Vorführungen, insbesondere eine Modenschau, vorgesehen. Der Zoo stellt ein Gedeck zum Preise von 1,50 RM für eine Portion Kaffee oder Tee mit Schlagsahne und Kuchen einschließlich Bedienungsgeld zur Verfügung.

Für Steuer, Tanz, Musik und sonstige Unkosten wird ein Beitrag von 0,50 RM je Person am Saaleingang erhoben. Da mit einem baldigen Ausverkauf der Lose zu rechnen ist, wird pünktliches Erscheinen empfohlen.

Elektrotechnischer Verein.
Der Generalsekretär:
Dr. Schmidt.

VDE
Verband Deutscher Elektrotechniker.
(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33
Fernspr.: C 4 Wilhelm 8864 ... 68
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Bekanntmachungen.
Kommission für Fernmeldetechnik.

Die Kommission veröffentlicht nachstehend einen von der Unterkommission „Fernmeldegeräte" aufgestellten Entwurf zu

„Vorschriften, Regeln und Normen für die Konstruktion und Prüfung von Netzstrom führenden Fernmeldegeräten V. F. G. N./1934".

Einsprüche gegen diesen Entwurf sind in doppelter Ausfertigung bis zum 31. Januar 1932 an unsere Geschäftstelle zu richten.

Ausschuß für den elektrischen Sicherheitsgrad.

Der Jahresversammlung 1931 in Frankfurt a. M. war von dem Ausschuß für den elektrischen Sicherheitsgrad der Schlußentwurf zu

„Leitsätze für den elektrischen Sicherheitsgrad von Starkstromanlagen mit Betriebsspannungen von 1000 V und darüber L.S.G./1932"

vorgelegt.

Auf Grund einiger nach der Veröffentlichung des Schlußentwurfes noch eingegangener Einsprüche zu § 11 der L.S.G./1932 hat die Jahresversammlung den Entwurf jedoch nicht endgültig angenommen, sondern dem Vorstand Vollmacht erteilt, die Arbeit nach geschäftsordnungsmäßiger Erledigung der vorliegenden Einsprüche durch den Ausschuß zu verabschieden.

Der Ausschuß für den elektrischen Sicherheitsgrad hat beschlossen, von einer Änderung des § 11 Abstand zu nehmen. Diesem Beschlusse hat der Vorstand zugestimmt, so daß die Leitsätze in der in der ETZ 1931, Seite 427, veröffentlichten Fassung mit Gültigkeit vom 1. Januar 1932 in Kraft treten.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

Kommission für Fernmeldetechnik.

Entwurf 1.

Vorschriften, Regeln und Normen für die Konstruktion und Prüfung von Netzstrom führenden Fernmeldegeräten V.F.G.N./1934.

Inhaltsübersicht.

I. Gültigkeit.

§ 1.

Geltungsbeginn.

a) Diese Vorschriften gelten für Geräte, die nach dem 1. Januar 1934 vom Hersteller geliefert werden.

§ 2.

Geltungsbereich.

a) Diese Vorschriften gelten für alle Fernmeldegeräte, die an Starkstromnetze angeschlossen werden; sie beziehen sich aber nur auf die mit dem Netz leitend verbundenen Teile der Geräte, die Netzstrom führend sind, sowie auf die Trennstellen zwischen der Netzstrom- und der Fernmeldeseite.

1. Im Gegensatz zu den mit Buchstaben bezeichneten grundsätzlichen Vorschriften enthalten die mit Ziffern versehenen Absätze Regeln, nach denen die Geräte mit den üblichen Mitteln im allgemeinen zu bauen sind, wenn nicht im Einzelfalle besondere Gründe eine Abweichung rechtfertigen.

II. Begriffserklärungen.

§ 3.

a) Kriechstrecke ist der kürzeste Weg zwischen leitenden Stellen, auf dem längs der Oberfläche eines Isolierkörpers ein Stromübergang eintreten kann.

b) Schlagweite (Luftstrecke, Ölstrecke usw.) ist der kürzeste Weg zwischen leitenden Stellen, auf dem durch das gasförmige oder flüssige Isoliermaterial (Luft, Öl usw.) ein Stromübergang eintreten kann.

c) Lose Abdeckungen sind Abdeckungen, die ohne Werkzeug entfernt werden können.

d) Feste Abdeckungen sind Abdeckungen, die nur mit Hilfe von Werkzeugen entfernt werden können oder die durch ihre besondere Bauart Gewähr gegen unbeabsichtigtes Entfernen bieten.

III. Bestimmungen.

A. Schutzmaßnahmen.

§ 4.

Allgemeines.

a) Die Geräte müssen den nachstehenden Vorschriften sowie den „Vorschriften und Regeln für die Errichtung elektrischer Fernmeldeanlagen V.E.F." und den „Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebspannungen unter 1000 V, V.E.S. 1." entsprechen.

b) Besonders wird hingewiesen auf die Bestimmungen in §§ 3 bis 5 der V.E.S. 1. und §§ 3 und 4 der V.E.F.

1. Leitende Geräteteile, für die Erdung, Nullung oder Schutzschaltung in Frage kommen kann, sollen mit einer Anschlußschraube versehen sein, die als solche zu kennzeichnen und derart anzuordnen und auszubilden ist, daß sie für den Anschluß einer Schutzleitung von 2,5 mm² ausreicht.

2. Die Erdungs- oder Schutzleitungen dürfen nicht zur Erdung der Fernsprechapparate verwendet werden.

§ 5.

Kriechstrecken und Schlagweiten.

a) Für Kriechstrecken und Schlagweiten gelten die Werte der nachstehenden Tafel.

U = Nennspannung,
K = Kriechstrecke, Klammerwerte für Buchsenisolation,
L_1 = Schlagweite zwischen Spannung führenden Teilen verschiedener Polarität,
L_2 = Schlagweite zwischen Spannung führenden Teilen und nicht isolierenden Gehäuseteilen.

U V	K mm	L_1 mm	L_2 mm
bis 380	3 (2)	2	6
über 380 ... 550	5 (3)	3	10
„ 550 ... 750	8 (4)	5	12

b) Die Werte unter L_1 gelten auch als Mindestmaß für die kürzeste Schlagweite zwischen Spannung führenden und nicht isolierenden Gehäuseteilen, wenn ihre Unterschreitung sicher ausgeschlossen ist.

c) Vakuumstrecken sowie Drehkondensatoren und mit Wechselspannungen unter 100 000 Hz beanspruchte Kondensatoren, die einen größeren Strom als 1 mA durchlassen, gelten nicht als Isolation.

d) Ist die Unterteilung der Kriechstrecken nicht zu umgehen, so dürfen die Teilbeträge 2 mm, mit Rücksicht auf die Gefahr der Verschmutzung und Feuchtigkeitseinflüsse 3 mm nicht unterschreiten.

§ 6.

Wärmesicherheit.

a) Unter Voraussetzung einer Außentemperatur von 20 ° darf bei normalem Betriebe in keinem Teil des Gerätes eine die Wirkung beeinträchtigende Erwärmung eintreten.

b) Die Grenztemperatur darf nicht übersteigen: Bei Draht mit Isolation durch

Emaillelack . . . . 120 °,
Seide . . . . 100 °,
imprägnierte Baumwolle . . . . . . 90 °,
Baumwolle . . . . 85 °.

1. Bei Anschlußgeräten darf bei Kurzschluß aller Anschlüsse der Fernmeldeseite die Wicklung keine höheren als die obengenannten Temperaturen annehmen. Der Temperaturschutz bei Kurzschluß kann auch durch Vorrichtungen erfolgen, die den Netzstrom abschalten.

c) Das Gehäuse darf an keiner Stelle seiner Außenseite eine höhere Temperatur als 50 ° erreichen.

2. Von der Vorschrift c) kann in elektrischen Betriebsräumen abgegangen werden.

d) Vergußmassen dürfen nicht auslaufen.

B. Bau.

§ 7.

Räumliche und elektrische Trennung.

a) Die Bestimmungen in § 15 n), o) p) und q) der V.E.F. sind besonders zu beachten.

b) Netzstrom führende und netzstromfreie Leitungen dürfen nicht in einem Rohr verlegt oder in einem Kabel ausgeformt werden.

1. Falls eine gemeinsame Ausformung nicht vermieden werden kann, sind alle Drähte wie Netzstrom führende zu behandeln.

c) Bei Geräten, die auf mehrere Netzspannungen umgeschaltet werden können, muß die jeweils eingestellte Netzspannung am Hauptteil des Gerätes erkennbar oder die Anschlußklemmen müssen entsprechend beschriftet sein.

d) Wicklungen der Netzseite sind gegen die Wicklungen der Fernmeldeseite und gegen Körper entsprechend der Netz- und Prüfspannung zu isolieren.

§ 8.

Kontakte.

a) Geräte, an denen Stromunterbrechungen auftreten, müssen so gebaut sein, daß bei ordnungsgemäßem Betrieb kein Lichtbogen stehen bleibt oder eine schädliche Abnutzung eintritt, ein guter Stromübergang also unbedingt gewährleistet ist.

§ 9.

Verbindungstellen.

a) Drahtverbindungen müssen durch Lötung, Verschraubung oder gleichwertige Mittel hergestellt wer-

den. Klemmenschrauben müssen in metallenes Muttergewinde eingreifen.

Die Verbindungstellen dürfen die anzuschließenden Drähte nicht verletzen.

b) Sollen mehrere Drähte an eine Klemme angeschlossen werden, so sind Kabelschuhe zu verwenden oder Unterlegscheiben zwischen die Drahtösen zu legen.

c) Die Verbindungen der Strom führenden Teile müssen so ausgeführt sein, daß sie durch betriebsmäßige Erwärmung, Veränderung von Isolierstoffen sowie durch betriebsmäßige oder Versand-Erschütterungen nicht gelockert werden.

§ 10.

Verdrahtung.

a) Netzstrom führende Drähte einer gemeinsamen Kabelform müssen den „Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen V.I.L." entsprechen.

b) Netzstrom führende Schaltdrähte, die sich leitenden Teilen (z. B. auch Gehäusen) oder fernmeldeseitigen Drähten so weit nähern, daß gegenseitige Berührung nicht sicher ausgeschlossen ist, müssen den „Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen V.I.L." entsprechen.

§ 11.

Betätigungsteile.

a) Schalter, die für Stromstärken über 0,35 A bestimmt und in den Netzstrom führenden Teil der Geräte eingebaut sind, müssen den „Vorschriften für Geräteschalter" entsprechen.

b) Die Schaltstellungen müssen durch Rasten oder dgl. gesichert sein.

c) Betätigungsteile (Druckknöpfe, Drucktasten, Schaltkabel oder Schaltgriffe usw.) können aus isolierenden oder auch aus nicht isolierenden Baustoffen bestehen. Jedoch soll im letzten Fall dafür gesorgt werden, daß die zugänglichen Teile einschließlich der Kappen usw. keine Spannung gegen Erde annehmen können. Hierzu genügt eine Isolierung zwischen den Spannung führenden Metallteilen und dem nicht isolierenden Betätigungsteil.

d) Bei Spannungen von mehr als 250 V sollen die Betätigungsteile stets mit Isolierstoff umgeben oder ausgekleidet sein oder ganz aus Isolierstoff bestehen.

§ 12.

Schalter und Steckvorrichtungen.

a) Installationschalter und Steckvorrichtungen müssen den „Vorschriften, Regeln und Normen für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial bis 750 V Nennspannung K.P.I." entsprechen.

§ 13.

Geräte mit losen Abdeckungen.

a) Die unter der Abdeckung befindlichen Teile sind wie offenliegende Teile gegen Berührung zu schützen.

§ 14.

Geräte mit festen Abdeckungen.

a) Die Abdeckungen dürfen nur durch Anwendung eines Werkzeuges (Schraubenzieher usw.) oder durch Maßnahmen entfernbar sein, die durch die besondere Bauart der Abdeckung notwendig sind. Anderenfalls muß die Spannung beim Entfernen der Abdeckungen selbsttätig und allpolig abgeschaltet werden.

b) Innerhalb der Abdeckungen kann von dem Berührungschutz abgesehen werden (siehe § 10).

c) Bei blanken Teilen, die unter Spannungen von höchstens 250 V gegen Erde stehen, kann entgegen § 4 b) von dem Schutz gegen zufällige Berührung abgesehen werden, wenn dieser Schutz nach den örtlichen Verhältnissen entbehrlich oder der Bedienung und Beaufsichtigung hinderlich wäre.

⚒ | In B. u. T. fällt diese Erleichterung fort.

§ 15.

Geräte für feuchte, durchtränkte und ähnliche Räume sowie das Freie.

a) In feuchten Räumen müssen die Netzstrom führenden Teile des Gerätes von den netzstromfreien Teilen ganz besonders sorgfältig abgetrennt werden und zwar so, daß der Netzstrom auch bei Bildung von Schwitzwasser nicht auf den netzstromfreien Teil übergehen kann.

b) Für die Apparatgehäuse müssen feuchtigkeitsichere Stoffe verwendet werden. Metallteile sind gegen Oxydieren zu schützen.

c) Strom führende Apparatteile, wie z. B. Anschlußklemmen, müssen im Gehäuse derartig angeordnet werden, daß die Wirkung der Apparate durch feuchten Niederschlag oder angesammeltes Kondenswasser nicht beeinträchtigt werden kann.

d) Alle Stellen, an denen die Leitungen in das Innere der Apparate eingeführt werden, sind gegen unmittelbare Benetzung durch Regen, Tropf- oder Spritzwasser zu schützen.

e) Apparate und Leitungschnüre müssen feuchtigkeitsicher isoliert sein. Enden von Kabeln mit nicht feuchtigkeitsicherer Isolierung müssen durch Endverschlüsse geschützt werden.

§ 16.

Feuer-, explosions- und schlagwettergefährdete Räume.

a) Geräte für feuer-, explosions- und schlagwettergefährdete Räume sind nach §§ 28, 29 und 34 der V.E.F. zu behandeln.

C. Prüfung.

§ 17.

Allgemeines.

a) Unterschieden wird zwischen Modellprüfung und Stückprüfung.

Die Modellprüfung dient zu Stichproben.

§ 18.

Modellprüfung.

a) Entsprechend § 4 der V.E.F. sind Netzstrom führende Teile der Geräte einer Spannungsprobe zu unterziehen.

b) Nach 4-tägigem Liegen in 80 % relativer Luftfeuchtigkeit müssen folgende Werte zwischen Netzstrom führenden Teilen und den leitenden Gehäuseteilen oder Teilen der Fernmeldeseite 1 min lang ausgehalten werden, ohne daß ein Überschlag erfolgt.

Bei Gehäusen aus Isolierstoff und isolierten Betätigungsteilen sind die Spannungen gegen eine Stanniolbelegung zu prüfen:

Nennspannung V	Nennfrequenz Hz	Prüfspannung V
110 ... 380	50	1000
390 ... 500	50	2000
510 ... 750	50	2500

c) Kondensatoren, die an Netzspannung liegen, müssen eine Wechselspannung von $2\,U + 1000$ V 1 min lang aushalten, ohne durchzuschlagen.

d) Kondensatoren, die zwischen Netzspannung und Gehäuse liegen (Berührungschutzkondensatoren), sind mit $4\,U + 1000$ V zu prüfen.

1. Bei Kondensatoren, die an Gleichstromnetzen liegen, genügt eine Prüfung mit Gleichspannung.

SITZUNGSKALENDER.

Elektrotechn. Gesellschaft Halle a. S. 9. XII. 1931, abds. 8¼ h, Bierhaus Engelhardt: Lichtbildervortrag Dipl.-Ing. Mörtzsch, „Technisch-wirtsch. Untersuchungen zur Frage des el. Kochens".

Elektrotechn. Verein am Niederrhein, Karlsruhe. 10. XII. 1931, abds. 8¼ h, München-Gladbach, Hotel Oberstadt, Alter Markt: Lichtbildervortrag Obering. Gossow, „El. Antriebe in explosions- und gasgefährdeten Räumen".

Ostdeutscher Elektrotechnischer Verein, Königsberg. 7. XII. 1931, abds. 7 h, I. Phys. Inst. d. Univ., Steindamm 6: Festsitzung zum 10jähr. Bestehen mit Vortrag Dir. O. Jahncke, „Elektrizitätswirtschaft in Ostpreußen".

Elektrotechn. Verein Leipzig. 8. XII. 1931, abds. 8 h, Vortragssaal Neues Grassimuseum, Eing. Rabensteinplatz: Vortrag Dr.-Ing. W. Estorff, „Entwicklung neuzeitlicher Hochleistungsschalter".

Elektrotechn. Verein München. 9. XII. 1931, abds. 8 h, Hörsaal 127 der T. H.: Lichtbildervortrag Reichsbahndir. Hellenthal, „Die Sicherungsanlage des Hauptbahnhofes München".

Deutsche Gesellschaft für technische Physik, Berlin. 4. XII. 1931, abds. 7½ h, gr. Hörsaal des neuen Phys. Inst. der T. H. (Eing. von der Kurfürsten-Allee aus, zw. Fasanenstr. u. Knie): Vortrag E. Lau, „Vergleich der hoch auflösenden Spektralapparate (m. Vorführ., n. gemeins. Versuchen mit E. Ritter).

Haus der Technik, Essen. Der am 7. XII. 1931 angesetzte Vortrag von Prof. Dr. M. Pirani, „Wiss.-techn. Probleme der Lichterzeugung", fällt wegen Verhinderung des Vortragenden aus (siehe ETZ 1931, S. 1260).

Deutsche Maschinentechnische Gesellschaft, Berlin. 8. XII. 1931, abds. 7 h, gr. Saal des Ingenieurhauses, Friedrich-Ebert-Str. 27: Lichtbildervortrag Geh. Reg.-Rat Momber, „Die Technik in der Wirtschaftskrise". 2) Bericht des Techn. Ausschusses über das Ergebnis der diesjährigen Beuth-Aufgabe „Drehstrom-Einphasen-Umformer".

Arbeitsgemeinschaft deutscher Betriebsingenieure im VDI gemeinsam mit dem AWF. 10. XII. 1931, abds. 7¾ h, Saal EB 301 der T. H.: Vortrag Betr.-Ing. H. Neveling, „Arbeitsvorbereitung im Apparatebau". (2. Vortrag der Reihe über „Arbeitsvorbereitung".) Eintrittspreis 1,50 RM. Karten am Saaleingang erhältlich. Teilnehmerkarten für die ganze Reihe (6 Vorträge 6 RM, für eingeschr. Mitgl. 3 RM) sind zu beziehen durch die Geschäftstelle: Berlin NW 7, Ingenieurhaus.

PERSÖNLICHES.

Carl Wölcke †.

Nach langem, schwerem Leiden wurde am 12. XI. 1931 Carl Wölcke, Direktor der Sächs. Baugesellschaft für elektrische Anlagen in Leipzig, durch den Tod erlöst. Damit ist ein Mann mit reichem Wissen von uns gegangen, der mit seinen wertvollen Anregungen belebend auf die Elektrotechnik eingewirkt hat.

Carl Wölcke †.

Am 7. VIII. 1865 in Leipzig geboren, besuchte Wölcke zum Abschluß seiner technischen Ausbildung das damalige Polytechnikum in Dresden. Seine Tätigkeit begann anschließend in Augsburg, wo er unter der Firma Wölcke & Moritz ein Installationsbüro mit gleichzeitiger Vertretung der Firma Garbe-Lahmeyer, Aachen, betrieb. 1902 kam er in seine Vaterstadt zurück und gründete dort mit der letztgenannten Firma die Sächs. Baugesellschaft für elektrische Anlagen. Aus kleinen Anfängen entwickelte sich dieses Unternehmen zur Ausführung elektrischer Starkstromanlagen unter Verwendung der elektrischen Erzeugnisse der D.E.W., Aachen, zu einer führenden Installationsfirma Mitteldeutschlands. Umfangreiche elektrische Anlagen für Bergbau und Industrie, für staatliche und städtische Behörden wurden ausgeführt und zeugen durch ihre sorgfältige Anpassung an die Betriebsverhältnisse für die Leistungsfähigkeit des Unternehmens. Neben dieser Tätigkeit hat Wölcke seine unermüdliche Arbeitskraft, seine reichen technischen Erfahrungen mehreren technischen Organisationen zur Verfügung gestellt. Er war ein führendes Mitglied des Elektrotechnischen Vereins Leipzig, der ihn zu seinem Ehrenmitglied machte, er war Mitglied des Vorstandes und des Ausschusses des Verbandes Deutscher Elektrotechniker und war ein Führer in der Organisation seiner eigentlichen Berufskollegen, dem Reichsverband für das Elektro-Installateur-Gewerbe. Seine großen Erfahrungen auf technisch-wirtschaftlichem Gebiete hat sich die Stadt Leipzig zunutze gemacht und ihn in den Verwaltungsrat der Technischen Werke der Stadt Leipzig und in das Stadtverordnetenkollegium berufen. Seine gerade, aufrechte Gesinnung, sein entgegenkommendes herzliches Wesen ließen ihn viele Freunde gewinnen, mit denen er gern Geselligkeit pflegte. Nicht nur seinen Fachgenossen in der deutschen Elektrotechnik sondern auch diesem großen Kreise seiner Freunde wird er unvergessen bleiben.

H. Ohse. Die Gesellschafterversammlung der Licht- und Kraftwerke Südthüringen G. m. b. H. in Sonneberg i. Thür. hat dem Antrage des langjährigen, verdienstvollen Geschäftsführers dieses Unternehmens, des Direktors Hermann Ohse, auf Versetzung in den Ruhestand zum 1. IV. 1932 stattgegeben.

Hochschulnachrichten. — An der T. H. Berlin habilitierten sich Dr.-Ing. Wilhelm Arndt für Beleuchtungstechnik und Dr. Kurt Pantell für Turbomaschinen, an der T. H. Karlsruhe Dr.-Ing. Karl Gallwitz für das Fach Technik in der Landwirtschaft, an der T. H. Stuttgart Dr. E. Hückel für Theoretische Physik. An der T. H. Breslau erhielt Herr Postrat Max Beulke, Breslau, einen Lehrauftrag für Telegraphen- und Fernsprechtechnik.

Auszeichnungen. — Der Nobelpreis für Chemie wurde zwei deutschen Forschern verliehen, deren wissenschaftliche Arbeiten zu technischen Verfahren von größter Bedeutung, auch in volkswirtschaftlicher Hinsicht, geführt haben: Geheimrat Prof. Dr. Dr.-Ing. E. h. Carl Bosch und Dr. Dr.-Ing. E. h. Friedrich Bergius.

LITERATUR.

Besprechungen.

Das R. W. E. Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk A G., Essen a. d. Ruhr. Ein Beitrag zur Erforschung d. modernen Elektrizitätswirtschaft. Von Dipl.-Ing. Dr. C. J. Asriel. (Bd. 16 der „Zürcher Volkswirtschaftlichen Forschungen" herausg. v. Prof. Dr. M. Saitzew.) Mit Taf., XVI u. 247 S. in 8°. Verlag Girsberger & Co., Zürich 1930. Preis geh. 16 Fr.

Der Verfasser zeigt, wie die neuzeitliche Elektrizitätswirtschaft bestrebt ist, die einzelnen Stromerzeugungsstätten immer einheitlicher zusammenzufassen und die Länder immer dichter mit einem Netz von Höchstspannungsleitungen zu überziehen. Er wählt als Beispiel das RWE.

Das Buch gliedert sich in fünf Teile. Der erste Teil schildert die Entwicklung vom Stadtwerk zum bis ins Ausland vordringenden Großunternehmen. Der zweite Teil skizziert die technische Gestaltung der heutigen RWE-Kraftwerke und der Netze; er deutet die Stromlieferungsverträge und zeigt die Entwicklung der Tarife. Der dritte Teil handelt vom RWE als Konzern und gibt auch ziffernmäßige Nachweise über die Beteiligungen an Bergwerken, Straßenbahnen, Gaswerken, Holdinggesellschaften, Stromerzeugungs- und Stromverteilungsunternehmungen. Im vierten Teil ist beschrieben, wie der Kapitalbedarf im Laufe der Jahre anstieg und wie man ihn deckte; auch über das wirtschaftliche Ergebnis und den Kurs der Aktien ist einiges gesagt. Der fünfte Teil dient der Gesellschaftsform; er behandelt Wesen und Erfolg der gemischtwirtschaftlichen RWE-Unternehmung und zeigt den Einfluß der öffentlichen Hand.

Das Buch ist klar und schwungvoll geschrieben, wobei man gerne über einige vielleicht zu temperamentvolle Äußerungen hinwegsieht. Der Verfasser sah seine Aufgabe weder in Wirtschaftlichkeitsberechnungen, noch in technischen Einzelheiten; man könnte seine Arbeit wohl einen drei Jahrzehnte behandelnden „Geschäftsbericht" nennen. Der Verfasser macht dabei auch über andere Unternehmungen vergleichende Bemerkungen, so daß er durch dieses weiter gesteckte Ziel seinem Buche das sonst leicht zu Einseitige nimmt. Das Buch gewährt einen guten Einblick in das Werden der Elektrizitätswirtschaft: es könnte deshalb besonders der jüngeren Fachgeneration mit zur Einführung dienen. H. Albrecht.

Manuale pratico di telegrafia sottomarina (cablografia). Von Ing. I. de Giuli. Mit 146 Abb., 26 Taf., XII u. 384 S. in kl. 8°. Verlag Ulrico Hoepli, Mailand 1931. Preis geh. 30 Lire.

Der Direktor der Gesellschaft Italcable, die in wenigen Jahren ein großes unterseeisches Telegraphenkabelnetz von Italien nach Spanien, Portugal, den Azoren und Südamerika geschaffen hat, beabsichtigt mit diesem Buch den Angestellten seiner Gesellschaft ein Hilfsmittel an die Hand zu geben, aus dem sie sich ohne große Vorkenntnisse über Technik und Betriebsweise der Seekabeltelegraphie unterrichten können. In dem ersten Abschnitt werden die für den Kabelbetrieb wichtigsten elektrischen Erscheinungen, der Aufbau und die Auslegung der Seekabel sowie die Sende- und Empfangs-Telegraphenapparate beschrieben. Der zweite Teil behandelt die Einrichtung der Seekabel-Telegraphenstationen, der dritte die elektrischen Messungen der Kabeleigenschaften und Stromvorgänge, der vierte die Mehrfachtelegraphie, und der fünfte gibt einige Erläuterungen über Kabel mit künstlicher Belastung. Die Darstellung ist klar und anschaulich und wird durch gut gewählte Abbildungen unterstützt. Das Buch ist als Einführung in die Seekabeltelegraphie zu empfehlen.

L. Brückmann.

Bestimmungen über Einrichtung und Betrieb der Aufzüge. (Die überwachungspflichtigen Anlagen in Preußen, Bd. 1.) Von H. Jaeger, F. Wolter u. A. Rühl. 4. Aufl. Mit XI u. 136 S. in 8⁰. Carl Heymanns Verlag, Berlin 1930. Preis geb. 7 RM.

Die erste im Jahre 1910 erfolgte Ausgabe dieses Buches war durch das Inkrafttreten des Gesetzes vom 8. VII. 1905 „betreffend die Kosten zur Prüfung überwachungsbedürftiger Anlagen" veranlaßt und gab Text und Erläuterungen der für die Aufzugsanlagen geltenden Bestimmungen dieses Gesetzes. Eine vollständige Neubearbeitung wurde im Jahre 1926 notwendig, da in diesem Jahre auf Grund einer Vereinbarung der Länder des deutschen Reiches eine neue Aufzugsordnung erlassen wurde, die von den bisherigen preußischen Vorschriften sehr erheblich abwich. Da seit 1926 mehrfache Änderungen der „Technischen Grundsätze für den Bau von Aufzügen" und der vom „Deutschen Aufzugs-Ausschuß" dazu herausgegebenen Erläuterungen stattgefunden haben und zahlreiche in Auslegung der Verordnung und der Technischen Grundsätze ergangene Ministerialerlasse, Beschlüsse des Deutschen Aufzugs-Ausschusses sowie Gutachten und Auskünfte seines Prüfungsausschusses vorliegen, wurde eine neue — die vierte — Auflage erforderlich.

Neu aufgenommen an Stelle des Wortlautes des von den Ländern früher vereinbarten Musterentwurfes einer Aufzugsverordnung ist eine Übersicht über die in den einzelnen Ländern erlassenen Verordnungen. Ein Verzeichnis der in den Ländern mit der Überwachung von Aufzügen beauftragten Behörden, Überwachungsvereine usw. ist beigefügt. Ein eingehendes Sachverzeichnis schließt das für alle Interessenten wertvolle Buch.

B. Thierbach.

Aufgaben aus der technischen Mechanik. Von F. Wittenbauer. Bd. 2: Elastizitäts- und Festigkeitslehre. 4., vollst. umgearb. Aufl., herausgegeben von Dr.-Ing. Th. Pöschl. Mit 498 Textabb., 566 Aufg. nebst Lösungen u. einer Formelsammlung, VIII u. 318 S. in 8⁰. Verlag Julius Springer, Berlin 1931. Preis geh. 12,60 RM, geb. 14 RM.

Der zweite Band des ansprechenden Werkes, der bereits in vierter Auflage erschienen ist, reiht sich dem ersten, dessen 6. Auflage ETZ 1930, S. 1667, besprochen wurde, ebenbürtig an. Die glückliche Einteilung in Aufgaben und Lösungen mit den klaren Abbildungen findet sich auch hier, und der Bezeichnungsfrage wie den neueren Forschungen ist große Aufmerksamkeit gewidmet.

Im einzelnen werden Spannungen und Formänderungen, Festigkeit gegen die verschiedenen Arten der Beanspruchung, ungleichartige Baustoffe, statisch unbestimmte Gebilde, Stäbe mit gekrümmter Mittellinie und zeitlich schwankende Kräfte behandelt. E. Everling.

Kontrollen der Betriebswirtschaft. Herausg. v. Dr.-Ing. O. Kienzle unt. Mitarb. zahlr. Fachgenossen. (Schriften d. Arbeitsgemeinschaft Dt. Betriebsing. Bd. 8). Mit 321 Textabb., VII u. 379 S. in gr. 8⁰. Verlag Julius Springer, Berlin 1931. Preis geb. 26,50 RM.

Die Arbeitsgemeinschaft deutscher Betriebsingenieure hat mit dem soeben herausgegebenen Band VIII ihrer Schriften „Kontrollen der Betriebswirtschaft" allen Fachkollegen zweifellos einen guten Dienst geleistet. Der ganze Inhalt des Buches ist abgestellt auf rein praktische Erfordernisse. Alle Kontrollen, die im Betrieb des Maschinenbaues und in der Krafterzeugung vorkommen, sind durch wesentliche Beispiele und durch vorzügliches Bild- und Kurvenmaterial erläutert und ihr wirtschaftlicher Wert wird stets dargetan. Wenn auch naturgemäß nicht für jede Fabrik gleich ein vollständig fertiges Schema für die Kontrolle gegeben werden kann, so findet doch der fortschrittliche Betriebsingenieur in dem Buche alle Anregungen, die es ihm ermöglichen, seinen Betrieb aufs wirtschaftlichste zu überwachen. — Kienzle hat es verstanden, bei der Zusammenstellung des Inhaltes das Wichtigste voll zu treffen. Ebenso haben die Bearbeiter der einzelnen Abschnitte mit aller Gründlichkeit die Durcharbeitung ausgeführt. Druck und Bildschmuck sind, wie bei Springer nicht anders zu erwarten, einwandfrei. Mag mancher wegen des hohen Preises von 26,50 RM vielleicht mit der Beschaffung etwas zögern, so wird er doch nach reiflicher Überlegung auch in der jetzigen Notzeit gern in die Tasche greifen. Schon die Namen der Bearbeiter der verschiedenen Kontrollen dürften ihm Gewähr dafür geben, daß er für sein Geld auch einen guten und zweckmäßigen Rat bekommt.

Ein Sach- und Namensverzeichnis erleichtert das Suchen nach bestimmten Titeln ganz wesentlich.

F. Ludwig

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Aus der nordamerikanischen Elektroindustrie[1]. — Nach El. World betrug der fakturierte Umsatz der General Electric Co. in den ersten neun Monaten des laufenden Jahres 206 138 967 $ gegenüber 287 886 541 $ in der gleichen Periode des Vorjahres. Nach Abzug der Unkosten in Höhe von 183 015 401 $ (254 760 876 i. V.) ergibt sich eine Reineinnahme von 23 123 565 $ (33 125 664 i. V.) und mit 9 561 535 $ (11 324 254 i. V.) aus anderen Geschäften ein für die Dividendenzahlung zur Verfügung stehender Reingewinn von 32 685 100 $, d. s. rd. 11,8 Mill $ oder 26 % weniger als in den Parallelmonaten von 1930 (44 449 928 $ i. V.). Der sogen. Spezialstock erhielt gegen 1930 nahezu unverändert 1 931 250 $, so daß zugunsten der Stammaktionäre 30 753 850 $ verblieben (42 518 708 i. V.). Der Auftragseingang ist in den ersten drei Vierteljahren bei 202 700 016 $ um rd. 65 Mill $ bzw. 24 % hinter dem in der gleichen Zeit des Vorjahres verbuchten (267 651 832 $) zurückgeblieben. — Die Westinghouse Electric & Manufacturing Co. verzeichnet für die neun Monate an Umsatz 87 853 735 $, an Unkosten, Steuern usw. aber 89 963 358 $ und somit einen Verlust von 2 109 623 $, der nach Gegenrechnung anderweitiger Einnahmen im Wert von 1 142 914 $ 966 709 $ betrug, während in den entsprechenden drei Vierteljahren von 1930 11 352 244 $ Reingewinn erzielt worden sind. — Dem Bericht der Allis-Chalmers Manufacturing Co. zufolge hatte dieses Unternehmen in den neun Monaten nach Abzug aller Unkosten, Steuern usw. einen Reingewinn von 1 212 773 $ entsprechend 95 cts je share gegenüber 3 034 522 $ bzw. 2,41 $ je Aktie in dem gleichen Zeitabschnitt von 1930. Der Auftragseingang bewertete sich zu 18 664 756 $ gegen 36 348 300 $ in den ersten drei Vierteljahren von 1930.

Aus der Geschäftswelt. — Das Ingenieurbüro Oskar von Miller G. m. b. H., München, blickt auf ein 40jähriges Bestehen zurück und zeigt aus diesem Anlaß in einer Druckschrift an Beispielen aus seiner Praxis, welchen Einfluß technische Kenntnisse und wirtschaftliche Erfahrungen auf den Bau und Betrieb von Elektrizitätswerken auszuüben vermögen. — Unter der Firma Reiche & Vogel, Leuchtkunst G. m. b. H. haben die langjährigen Mitarbeiter und Prokuristen der früheren Schwabe & Co. AG. in Berlin SO 36 ein neues Unternehmen gegründet und zu diesem Zweck die Einrichtungen der letztgenannten Gesellschaft erworben. — Die Spezialfirma für Elektroisoliermaterial Wilhelm Carstens G. m. b. H., Hamburg, hat die Fabrikationsabteilung der Spezialfabrik für Mikanit, Mikanitformteile und Rohglimmerisolationen Henrich A. Brandt, Hamburg, käuflich übernommen.

Deutschlands elektrotechnischer Außenhandel[2]. — Die Mengen und Werte haben sich im Oktober 1931 wie folgt verteilt:

Waren	Mengen dz		Werte 1000 RM	
	Oktober	Jan./Okt.	Oktober	Jan./Okt.
Einfuhr:				
Elektrische Maschinen (einschl. Teile)	1 569	18 280	529	5 843
Elektrot. Erzeugnisse	2 951	27 102	3 139	25 167
Ausfuhr:				
Elektrische Maschinen (einschl. Teile)	27 610	256 971	7 706	72 033
Elektrot. Erzeugnisse	98 648	932 786	37 518	327 089

Die Einfuhr ist gegenüber dem Vormonat (5774 dz bzw. 3,256 Mill RM) um 1254 dz (22 %) gesunken, weist aber wertlich eine Zunahme von 0,412 Mill RM (13 %) auf. Ähnlich verhält sie sich zum Import des Parallelmonats von 1930 (6282 dz bzw. 3,551 Mill RM), hinter dem sie mengenmäßig um 1762 dz (28 %) zurückgeblieben ist, während ihr Wert um 0,117 Mill RM (3 %) größer war. Die Ausfuhr, einschl. 2851 dz Reparationssachlieferungen im Wert von 1,203 Mill RM, übertraf die Beträge des September (124 096 dz bzw. 41,437 Mill RM) um 2162 dz (2 %) und 3,787 Mill RM; sie war auch im Vergleich zum Oktober 1930 (123 571 dz bzw. 49,253 Mill RM) um 2687 dz (2 %) größer, wertlich indessen um 4,029 Mill RM (8 %) geringer. In den abgelaufenen zehn Monaten hat der Import gegenüber dem gleichen Zeitabschnitt des Vorjahres um 13 049 dz (22 %) und 3,984 Mill RM (11 %) abgenommen; der Stückzahl nach umfaßte er 3967 Lichtmaschinen usw. (4120 i. V.), 54 774 Dynamos, Elektromotoren usw. (75 966 i. V.), 8523 Bogen- usw. Lampen (8819 i. V.), 6,023 Mill Metalldrahtlampen (5,353 i. V.) und 0,119 Mill Kohlenfaden- usw. Lampen (0,215 i. V.). Auch der Export, auf den 50 203 dz bzw. 16,436 Mill RM Reparationssachlieferungen entfielen, zeigt eine Verminderung um 171 510 dz (13 %) bzw. 76,456 Mill RM (16 %). Er lie-

[1] Vgl. ETZ 1931, S. 752.
[2] Vgl. ETZ 1930, S. 1703; 1931, S. 1399.

Stat. Nr.	Erzeugnisse	Einfuhr in dz			Ausfuhr in dz		
		Oktober	Januar/Oktober		Oktober	Januar/Oktober	
		1931	1931	1930	1931	1931	1930
907 a	Lichtmaschinen und Lichtzündmaschinen für Motorfahrzeuge; Anlaßmotoren für Verbrennungsmotoren	8	336	374	608*	5 375*	5 989*
907 b/g	Dynamomaschinen, Elektromotoren, Umformer[1]; Transformatoren und Drosselspulen	1 467	17 265	[10] 24 970	14 870*	231 781*	306 341*
907 h	Fertig gearbeitete Anker, Kollektoren[2]	94	679	1 194	2 132*	19 815*	20 229*
908 a, b	Elektrizitätsammler, deren Ersatzplatten (Elektroden)	158	1 832	2 207	4 584*	47 697*	42 370*
909	Kabel zur Leitung elektrischer Ströme, zur Verlegung in Wasser oder Erde geeignet	498	6 175	7 679	38 183*	425 129*	461 856*
910 a/c	Bogenlampen, Quecksilberdampf-, Quarz- und ähnliche Lampen; Gehäuse dafür mit Glasglocken; Scheinwerfer, Reflektoren[3]	4	120	260	250	1 928*	2 326*
911 a	Metallfadenlampen	492	2 819	2 424	816*	7 142*	10 622*
911 b	Kohlenfaden-, Nernst- und andere Glühlampen	—	57	111	15	187	257
912 A1	Telegraphenwerke; Bestandteile davon	14	100	101	38	506	337*
912 A2	Fernsprecher, Fernsprech-, Wand- und Tischstationen, Fernsprechvermittlungseinrichtungen; Bestandteile davon	23	511	315	1 768	17 513*	20 518*
912 A3	Vorrichtungen für die drahtlose Telegraphie und Telephonie; Bestandteile davon	746	4 828	3 988	9 688*	61 381*	52 600*
912 A4	Meß-, Zähl- und Registriervorrichtungen, auch in Verbindung mit Uhrwerken; Bestandteile davon	82	1 132	1 598	2 109*	20 928*	24 548*
912 B	Bügeleisen; in der Ausfuhr auch Bestandteile davon	87	146	60	956	6 969	7 421
912 C	Heiz-, Koch- und sonstige Wärmeapparate (ausgenommen 912 B); in der Ausfuhr auch Bestandteile davon	70	812	1 772	2 328	15 977*	14 650*
912 D	Röntgenröhren; in der Ausfuhr auch Bestandteile davon	5	44	27	23	267*	239*
912 E	Magnetzündapparate und sonstige elektrische Zündsysteme sowie Teile davon (ausgenommen Magnete); elektrotechnisches Zubehör für Motorfahrzeuge	87	1 170	1 712	1 427*	15 442*	20 583*
912 F1	Sicherungs- und Signalapparate; Läutewerke; Bestandteile davon	44	180	139	1 052	9 781*	10 590*
912 F2	Vorrichtungen für Beleuchtung, Kraftübertragung, Elektrolyse; Vorschalte- und Nebenschlußwiderstände; sonst. a. n. g. Vorrichtungen; Bestandteile davon[4]	527	6 066	8 147	23 819*	221 645*	262 185*
912 F3	Vorrichtungen für ärztliche oder zahnärztliche Zwecke; Bestandteile davon (ausgenommen 912 D)	67	883	596	1 050	11 814*	13 480*
912 F4	Galvanische (auch Trocken-)Elemente, elektr. und galvanische Batterien; Thermoelemente; Bestandteile davon	32	184	233	7 127	42 056*	55 990*
912 F5	Isolationsrollen, -glocken, -knöpfe, Spulen, Taster, Schalter usw. aus Steingut, Porzellan oder Glas (ausgenommen 733 a)	14	32	515	[6]	[6]	[6]
912 F6	Isolationsgegenstände aus Asbest, Asbestpappe, Glimmer oder Mikanit für die Elektrotechnik (Schutzkasten usw.)	1	11	9	35	329	548
912 F7	Isolierröhren für elektr. Leitungen aus Papier oder Pappe und Verbindungsstücke dafür[5]	.	.	.	3 379*	26 068*	27 577*
—	Elektrotechnische Erzeugnisse, unvollständig angemeldet	—	—	—	1	27	11
	Summe von Tarifunterabschnitt 18B: Menge in dz	4 520	45 382	[10] 58 431	126 258*	1 189 757*	1 361 267*
	Summe von Tarifunterabschnitt 18B: Wert in 1000 RM	*3 668*	*31 010*	[10] *34 994*	*45 224**	*399 122**	*475 578*
648 a	Vorgepreßte Blöcke, Platten und Stangen aus Kohle für elektrotechnische Zwecke	6	145	273	2 300	15 884	11 745
648 b	Kohlenbürsten, Mikrophonkohlen usw.; Kohlenfäden für elektr. Beleuchtungskörper oder dgl., auch in Verbindung mit Platin	2	35	45	102	676	782*
648 c	Brennstifte für Bogenlampen	21	81	867	470	5 877	6 400
648 d	Elektroden	358	2 723	3 872	24 268	150 971	208 789
733 a	Porzellanisolatoren für Telegraphen- oder Fernsprechleitungen[7]	—	22	2	4 009	47 547*	59 754*
740 a	Glühlampenkolben	2	63	222	1 123	11 659	13 109
783 c	Bearbeitete Teile von elektrischen Maschinen der Nrn. 907 a/g und von Erzeugnissen der Nrn. 907 h/911 b aus nicht schmiedbarem Gußeisen	41	211	928	[9]	[9]	[9]
799 c	desgl. aus schmiedbarem Eisen	110	650	1 232			
890 a	Isolierter Draht aus unedlen Metallen für die Elektrotechnik	406	3 059	3 486	10 553*	106 980*	122 905*
915 b4	Elektrokarren[8]	.	.	.	250	2 798*	3 543*

ferte 63 287 Lichtmaschinen usw. (65 356 i. V.), 623 947 Dynamos, Elektromotoren usw. (632 502 i. V.), 185 195 Bogen- usw. Lampen (23 108 i. V.), 51,442 Mill Metalldrahtlampen (67,584 i. V.) und 0,515 Mill Kohlefaden- usw. Lampen (0,816 i. V.) an das Ausland. Der Überschuß der Ausfuhr stellte sich auf 1 144 375 dz bzw. 368,112 Mill RM (1 302 836 dz bzw. 440,584 Mill RM i. V.).

[1] Quecksilberumformer s. Nr. 912 F 2. — [2] Die Ausfuhr umfaßt auch andere Teile von nicht vollständigen elektrischen Maschinen usw. — [3] Die Ausfuhr umfaßt auch Teile von Bogenlampen außer Brennstiften (648 c). — [4] Die Ausfuhr umfaßt auch Isolationsgegenstände aus Ambroid, Hartkautschuk usw. der Nr. 912 F 5 außer Isolationsglocken (733 a). — [5] Einfuhr nach Beschaffenheit. — [6] Isolationsglocken unter 733 a, andere Waren, auch aus Ambroid, Hartkautschuk usw., unter 912 F 2. — [7] Die Ausfuhr umfaßt Isolatoren aller Art (auch Isolationsglocken) aus Steingut oder Porzellan. — [8] Einfuhr unter 915 b (Last-, Liefermotorwagen). — [9] Für die Ausfuhr gelten die im Unterabschnitt 18 B bei den Maschinen angegebenen stat. Nrn. — [10] Berichtigte Zahl.

* Einschließlich der Reparatursachlieferungen.

Berichtigung.

Im Bericht „Verbesserung der elektrischen Fabrikbeleuchtung", ETZ 1931, S. 1175, ist in der 15. und 16. Zeile der Satz „welche den Arbeitstischen rd. 13,3 HK Licht zuführten" zu ersetzen durch „welche an den Arbeitstischen eine Beleuchtungsstärke von rd. 143,4 Lux erzeugten".

Bezugsquellenverzeichnis.

Frage 43: Wer stellt „Ampedo"-Schraubstöpsel mit Meßinstrument (DRP u. DRGM) her?

Abschluß des Heftes: 28. November 1931.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 16 250 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

ETZ

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

INHALT

Des Weihnachtsfestes wegen muß der Anzeigenteil des Heftes 52 schon am 19. Dezember, vorm. 8 Uhr, abgeschlossen werden.

50. HEFT · 52. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9
(1509—1536) 10. DEZEMBER 1931

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

52. Jahrgang | Berlin, 10. Dezember 1931 | Heft 50

Versuche über Maschinenregelung und Parallelbetrieb in den Großkraftwerken Hirschfelde und Böhlen*.

IV. Ergebnis der Versuche beim Parallellauf der Maschinen und Kraftwerke.

Bearbeitet in der Wissenschaftlichen Abteilung der Siemens-Schuckertwerke AG., Berlin.

von Dr.-Ing. **Wilhelm Peters**, Berlin.

1. Die verschiedenen Störungsarten und ihre Wirkungsweise auf die Stabilität des Parallelbetriebes.

Nachdem wir im vorhergehenden Aufsatz[1] das Verhalten der einzelnen Maschinen und ihrer Regelapparate bei allmählichen und plötzlichen Änderungen des Betriebszustandes kennengelernt haben, folgt nunmehr eine Reihe von Parallelbetriebs-Untersuchungen. Infolge der elektrischen Kupplung durch ihre synchronisierenden Kräfte verlaufen Ausgleich- und Regelvorgänge nun nicht mehr für jede Maschine für sich allein, sondern übertragen sich auch auf die Nachbarmaschinen und machen sich so im ganzen System bemerkbar[2]. Es lassen sich hierbei 2 Arten von Schaltvorgängen[3] unterscheiden, die zwar beide eine Änderung des Polradwinkels ϑ zwischen den Maschinen unter Pendelungen bewirken, aber sich entweder mehr auf die kinetische oder auf die elektromagnetische Energie des Systems auswirken. Zu den erstgenannten äußeren Schaltvorgängen gehören plötzliche Laständerungen (Wirklaststöße), durch welche die kinetische Energie der einzelnen Maschinen und auch des Gesamtsystems geändert wird, was den Eingriff des Drehzahlreglers zur Folge hat; im Gegensatz hierzu wird bei inneren Schaltvorgängen (Blindlaststößen) die Pendelung durch die Änderung der synchronisierenden Kraft, also der elektromagnetischen Energie $N_s = \frac{E_1 E_2}{\omega L}$ ausgelöst; hierbei greift vornehmlich der Spannungsregler ein.

Die durch die Koppelleitung zweier Kraftwerke bzw. Maschinen fließende Leistung N hängt von den beiden elektrisch erzeugten Leistungen N_1 und N_2 ab, d. h. von den Reglerstellungen der Maschinen sowie den unmittelbar abgenommenen Eigenleistungen N_a und N_b ihrer Netze (Abb. 1). Die Stabilität wird daher sowohl durch die Spannungsregelung beeinflußt, welche die synchronisierende Leistung durch Nachregeln der Spannung der Maschinen am Anfang und Ende der Leitungen bei Belastungsstößen erhöht, als auch durch die Leistungsregelung, welche schließlich die ausgetauschte Leistung N verändert. Die Wirksamkeit der einzelnen meist nicht gleichzeitig wirkenden Faktoren hängt von der Schnelligkeit ihrer zeitlichen Aufeinanderfolge ab.

Abb. 1. Prinzip einer Kraftwerkskupplung.

2. Versuche mit Laststößen bzw. Entlastungen (Versuch Nr. 7).

Schwingungsvorgänge werden elektrischerseits durch Be- oder Entlastungsstöße ausgelöst, wenn sich der elektrische Laststoß entsprechend den ungleichen Leitungsimpedanzen vor und in den Maschinen oder ihren ungleichen Spannungen ungleichmäßig auf die Maschinen bzw. Zentralen verteilt, oder wenn die Maschinen infolge ihrer verschiedenen kinetischen Energie der Schwungmassen oder ihrer ungleichmäßigen Leistungs- und Spannungsregelung ungleich auf den Stoß reagieren. Diese Ungleichheit spielt schon beim Parallelbetrieb der einzelnen Kraftwerksmaschinen in einem Kraftwerk eine gewisse Rolle, wo meist Maschinen verschiedener Bauart und Größe parallel auf das Netz fahren müssen. Die folgenden Zahlentafeln 1 u. 2 geben eine Übersicht über die verschiedenen elektrischen und mechanischen Daten der Versuchsmaschinen. Am meisten interessiert die Angabe über die synchronisierende Leistung, bezogen auf die Nennleistung der Maschine bei Pendelung am unendlich starren Netz, die aus der beobachteten Pendelfrequenz $\nu/2\pi$ bestimmt wurde. Sein Wert k_0 bezieht sich auf Leerlauf und Leerlauferregung und ist etwas größer als das Kurzschlußverhältnis bei Leerlauferregung, da die Reaktanz des Querfeldes wegen der Messingkeile der Läufernuten (schwaches Reaktionsmoment) und der Feldabschirmung beim Pendeln kleiner als die des Längsfeldes ist. Ferner ist der Polradwinkel ϑ zwischen

Zahlentafel 1.
Übersicht der Kraftwerksgeneratoren.

	Kraftwerk	Hirschfelde			Böhlen
Elektrische Angaben	Maschinen-Nr.	2	3	4	6
	Nennleistung N_0 . . . MVA	25	25	30,6	29,6
	$\cos\varphi$	0,8	0,8	0,8	0,7
	Drehzahl n . . . U/min	1500	1500	3000	3000
	Ständerspannung U_k . . . kV	6,3	6,3	6,3	6,3
	Nennstrom I . . . kA	2,30	2,30	2,82	2,71
	Streuspannung Gen. (ausschl. Bohrungsfeld) . . . %	14 3	14,0	17,1	16,1
	Streuspannung Transf. 6,3/115 kV Kurzschl.-Sp. bezogen auf N_0 . . . %	8,8	9,1	12,4	10,8
	Sättigungsfaktor* . . . %	60	41	24	22
	Luftspalt δ (geometrisch) . . . cm	2,7	2,3	4,4	4,0
	Polteilung τ . . . cm	118	108	157,2	157
	Strombelag A . . . A/cm	528	510	592	567
	Luftspaltinduktion B (Sinusamplitude) . . . Gauß	7700	7200	7400	7300
	Kurzschlußverhältnis für Leerlauf $\varkappa_0$	0.8	0,75	0,6	0,57
	Nennlast $\varkappa$	2,0	1,8	1,5	1,55
	Dämpfung	Platt.-Pole Eis.- bzw. Mess.-Keile	gebl. Zähne Stahl-Kupfer-Keile	mass. Pole Mess.-Keile	mass. Pole Mess.-Keile
	Spannungsregelung (Erregungsanordnung)	eigen	eigen	eigen	eigen
	Steigerungsgeschwindigkeit d. Ständerspannung durch Tirillregler %/s	rd. 10	—	rd. 10	-
Mechanische Angaben	Trägheitsmoment Θ Generator . . . kgms²	906	666	181	181
	Turbine . . . „	1220	1220	185	135
	ges. kinetische Energie $L_m = \frac{1}{2}\,\Theta\,\omega_m^2$ . . . mkg	$26 \cdot 10^6$	$23 \cdot 10^6$	$18 \cdot 10^6$	$16 \cdot 10^6$
	Gesamt-Schwungmoment $GD^2 = 4\,g\,\Theta$ . . . tm²	83,5	74,0	14,4	12,4
	Normalanlaufzeit $T_a = 2\,\frac{L_m}{N_0} = \frac{1}{365}\,\frac{n^2\,GD^2}{N_0 \cdot 10^3}$ . . . s	20,6	18,3	11,6	10,4

* Ordinatenabschnitt der Tangente an die Magnetisierungskurve bei Nennspannung.

* Teil I „Überblick über Veranlassung, Zweck und Ergebnisse der Versuche" siehe ETZ 1931, S. 791; Teil II „Anordnung und Art der Durchführung der Versuche" siehe ETZ 1931, S. 1185, 1215 u. 1270; Teil III „Ergebnis der Versuche beim Alleinlauf der Maschinen" siehe ETZ 1931, S. 1349 u. 1382.

[1] ETZ 1931, S. 1349 u. 1382.

[2] Vgl. R. Rüdenberg, ETZ 1929, S. 970.

[3] Vgl. W. Peters, VDE-Fachberichte 1929, S. 20, und Wiss. Veröff. Siem.-Konz. Bd. 8, H. 3, S. 109 (1930).

Zahlentafel 2.

Meß- und Rechnungswerte der Maschinen.

	Kraftwerk	Hirschfelde			Böhlen
Elektrische Angaben	Maschinen-Nr.	2	3	4	6
	Synchronreaktanz $z = \omega L = U_k^2 : N_c \varkappa_0$ . . . . Ω	2,0	2,1	2,2	2,4
	Widerstandswinkel $\varrho = \mathrm{arc\,tg} \frac{R}{\omega L}$ . . . . . Grad	0,1	0,1	0,05	0,05
	Polradwinkel ϑ der Maschine bei Nennlast $\cos \varphi = 0{,}8$. Grad	23	27	30	27
	bei Nennlast $\cos \varphi = 1$ . . „	35	36	45	42
	Hauptfeld-Zeitkonstante T_s gemess. s	5,9	6	7,8	7,1
Pendelung	Pendelfrequenz $\frac{\nu}{2\pi}$ beobachtet Hz	0,7	0,84	0,6	
	Pendelfrequenz $\frac{\nu}{2\pi}$ beob. u. red. auf Nennspg. u. ∞ starres Netz* Hz	0,65	0,7	0,75	0,8
	$\frac{\text{Synchr. Leistg.}}{\text{Nennleistg.}} = k_0 = \frac{T_a}{\omega} \nu^2$ (einschl. Trafo) beob.	1,05	1,05	0,83	0,83
	äquivalenter Schlupf (Asynchr.-M.) $\overline{S_0} = \frac{\nu}{2\delta} \cdot \frac{1}{k} \cdot \frac{\nu}{\omega}$ . . . . . . %	3,3	3	3	2,5
Regler	Reglerschlußzeit T_s . . . . s	1,8	1,8	1,2	1.2
	Statik der Regelung zw. Leerlauf u. Nennlast $\delta = \frac{\omega_{max} - \omega_{min}}{\omega_s}$ %	3,8	4	4	4,2
	max. Drehzahlerhöhung bei Abschalten d. Nennlast $\delta_{n_{max}}$ %	8	8	8	7
	Leistungsziffer $\overline{N_\delta} = N_0 \cos \varphi / \delta$ MW	530	500	600	500

* $\nu \sim \sqrt{E_p U_k}$, entsprech. Synchronisierziffer $k_0 \sim E_p U_k$.

Polrad- und Klemmenspannung für Nennlast mit $\cos \varphi = 0{,}8$ bzw. 1 angegeben, dessen Sinus die auf die Kipplast bezogene relative Belastung bei konstanter Erregung angibt und daher ein Maß für die Stabilitätssicherheit der belasteten Maschine ist. Wichtig ist ferner für die Ausgleichvorgänge die kinetische Energie des Läufers $L_m = \frac{1}{2} \Theta \omega_m^2$ (Θ Trägheitsmoment, ω_m mech. Winkelgeschwindigkeit), die, bezogen auf die Größe der Maschine, durch die Normalanlaufzeit $T_a = 2\,L_m/N_0$ ausgedrückt wird. Das Verhältnis $k_0 : T_a = N_s : 2\,L_m$ ist proportional dem Quadrat der Eigenfrequenz ν. Diese weicht für die einzelnen Maschinen innerhalb jeder Drehzahlgruppe nicht sehr voneinander ab; die Maschinen mit 3000 U/min sind sowohl elektrisch (kleines $\varkappa$), aber noch mehr mechanisch (kleineres T_a) höher ausgenutzt; daher ist ihre Schwingungsfrequenz etwas größer.

a stationärer Belastungszustand; Maschinen auf das Netz geschaltet, *I* belastet, *II* leerlaufend
b Ausgleichvorgang nach Abschalten vom Netz
c Endzustand, vom Netz getrennt, *I* u. *II* leerlaufend

Abb. 2. Ausgleichvorgang beim Abschalten ungleich belasteter und ungleich erregter Kraftwerksmaschinen.

Um recht einfache und übersichtliche Versuchsverhältnisse zu erhalten, wurde zunächst das gegenseitige Pendeln von 2 über ihre Transformatoren und die zugehörigen 100 kV-Hochspannungs-Sammelschienen gekuppelten Kraftwerksgeneratoren bei einer plötzlichen Entlastung bei ungleicher Vorbelastung der beiden Maschinen untersucht; es wurde gleich der Extremfall gewählt: eine Maschine voll belastet, die andere leerlaufend. Derartige Entlastungen kommen im praktischen Betriebe bei Störungen häufig vor. Gegenüber Belastungsstößen ist für die Nachrechnung von Vorteil, daß die synchronisierende Leistung sich einfach ermittelt, da keine Querimpedanz zwischen den Maschinen beim Pendeln vorhanden ist. Der Entlastungsstoß wurde durch plötzliches Ausschalten des Ölschalters bei *K* (Abb. 2a) bewirkt, der beide Maschinen vom Netz trennte. Das genaue Schaltbild mit den angeschlossenen Meßapparaten und Oszillographenschleifen zeigt Abb. 3. Es bedeuten der Reihe nach die Oszillographenschleife für Netzspannung U, Netzleistung N, Füllung der Dampfturbine α_1, Klemmenspannung U_{k_1}, **Belastung der Maschine 1** N_1 und entsprechend für 2. Die Leistung wurde bei beiden Maschinen oszillographiert[4], um eine größere Sicherheit und Kontrolle zu haben. Die Füllungen wurden mittels der Spannungsteiler P_1 und P_2 gemessen, die mit den Reglerventilen gekuppelt sind. Die Schleife ϑ mißt den Pendelwinkel zwischen den beiden Maschinen mittels der synchronen Hilfsmaschinen S_1 und S_2, Δn die mittlere Drehzahl mit Hilfe der Gleichstrom-Drehzahldynamos G_1 und G_2. Der Ausschlag bei Nenndrehzahl wurde mittels der Batterie B im Widerstand R kompensiert, die Kommutator-Oberschwingungen durch die Siebkette K beseitigt.

Abb. 3. Schaltung der Maschinen mit den oszillographischen Meßstellen für die Entlastungsversuche.

Natürlich sind bei Wirklaststößen Schwingungen nur dann zu erwarten, wenn die Eigenschwingungszahlen der einzelnen Systeme, bezogen auf den Lastanfallpunkt, differieren. Da nun bei gleicher Erregung die Schwingungsdauer von Turbogeneratoren immer ziemlich gleich ist — sie beträgt etwa 1 s —, war zu erwarten, daß selbst bei großem Vorbelastungswinkel ϑ nur bei stark ungleichen Erregungen gefährliche Pendelungen auftreten können. Die Wirkungen der synchronisierenden Kraft der Dämpfung und des Reglers können im einzelnen aus den Versuchen durch Vergleich mit der errechneten Pendelamplitude bestimmt werden.

Die im Netz auftretenden Leistungsstöße verteilen sich bekanntlich im ersten Augenblick entsprechend den synchronisierenden Leistungen der auf die Stoßstelle arbeitenden Maschinen. Unmittelbar nach dem Stoß, wo die Drehzahlregler noch nicht eingegriffen haben, wird diese Stoßleistung aus der kinetischen Energie der umlaufenden Läufermassen entnommen, die Maschinen werden also verzögert. Sie streben einer gemeinsamen Verzögerung zu, nach deren Erreichen sich die einzelnen Maschinen anteilgemäß entsprechend den kinetischen Energien ihrer Schwungmassen an der gesamten Stoßleistung beteiligen. Da die anfänglichen Verzögerungen der einzelnen Maschinen hiernach unterschiedlich sein können, so geraten sie gegeneinander in Pendelungen, deren Stärke sich nach dem Unterschied der anfänglichen Verzögerung gegenüber der gemeinsamen Verzögerung richtet[5].

Während diese Verhältnisse die Verteilung der Wirklaststöße unmittelbar nach dem Stoß beherrschen, verändert sich der Polradwinkel bei Blindlaststößen durch die Änderung der synchronisierenden Leistung der Maschinen; z. B. wird bei Verringerung der Spannung der Polradwinkel größer, damit die mechanische Leistung wieder in elektrische umgeformt werden kann. Bei kombinierten Stößen überlagern sich die einzelnen Schwingungen.

Bei verhältnismäßig gleichartigen und zunächst nur entsprechend der Lastverschiedenheit ungleich erregten Kraftwerksgeneratoren traten Pendelausschläge von etwa 20 ... 35° bei plötzlicher Entlastung auf. Abb. 4 zeigt einen solchen Abschaltversuch der beiden Turbogeneratoren 2 und 3 mit 1500 U/min bei 5,75 kV, von denen der erstere voll belastet war (20 MW, $\cos \varphi = 1$ bei 155 % **Leerlauferre-**

[4] W. Peters, El. u. Maschinenb. Bd. 49, S. 769 (1931).
[5] Rüdenberg, Wiss. Veröff. Siemens-Konz. Bd. 10, S. 41 (1931).

Abb. 4. Abschalten von zwei gleichen, ungleich vorbelasteten Maschinen.

100 kV-Sammelschiene, des Pendelwinkels ϑ zwischen den Maschinen und der ausgetauschten Wirkleistung sind aus den Oszillogrammen zusammengestellt, um die gegenseitige Abhängigkeit dieser Größen verfolgen zu können; unten ist das Wattmeter-Oszillogramm der Augenblicksleistung wiedergegeben, aus dem Wirk- und Blindleistung ermittelt werden können.

Abb. 5. Abschalten von zwei ungleichen, ungleich vorbelasteten Maschinen.

gung), während der andere leerlief mit 80 % Leerlauferregung zum Ausgleich der kapazitiven Netzlast (2 MVA). Der zeitliche Verlauf der Bewegungen der Dampfventile, der Drehzahl, der Spannung an den Maschinen und an ihrer

Man ersieht zunächst, daß die Füllung der Turbine beim ersten Pendelausschlag nahezu unverändert bleibt. Dieser wird daher durch den Leistungsregler noch nicht verkleinert, der nach der Ventilbewegungskurve erst nach 1 ... 2 s überhaupt merklich eingreift. Bei den Versuchen liefen beide Maschinen ohne Schnellregler. Die Leistung der belasteten Maschine fällt beim Abschalten auf etwas mehr als die Hälfte, da der Strom jetzt auch die andere Maschine, also insgesamt die doppelte Reaktanz durchfließen muß und deren Luftspaltspannung kleiner als die Netzspannung ist. Nachdem das Querfeld mit seiner kleinen Streufeld-Zeitkonstanten schon in etwa 0,1 s seinen stationären Wert erreicht hat, entfallen 13 MW auf die statisch harte Maschine 2 und 7 MW auf die weiche Maschine 3; das Stoßverhältnis beträgt 1,8, was genau mit dem Verhältnis der synchronisierenden Leistungen nach Zahlentafel 2 übereinstimmt. Für die gleichmäßige Beschleunigung ist die fast gleiche Aufteilung mit $L_2 : L_1 = 26 : 23 = 1{,}13$ erforderlich, also $N_{L_2} = 10{,}5$ MW für Maschine 2 und $N_{L_3} = 9{,}5$ für Maschine 3. Der Differenz entspricht rechnerisch eine Pendelamplitude von 15°. Infolge der Dämpfung beträgt der gesamte größte Pendelausschlag jedoch nicht das Doppelte, sondern nur 20°, der nach 0,6 s auftritt und mit der Leistungsamplitude zusammenfällt. Nach etwa 1,5 s macht sich erst der Leistungsregler bemerkbar, der die Leistung in der Koppelleitung dann zum schnellen Verlöschen bringt, so daß sich das System bald auf die der Statik und Entlastung entsprechende Enddrehzahl einstellt; zum Schluß treibt die anfänglich belastete Maschine die andere mit

Abb. 6. Abschalten von zwei ungleich erregten Maschinen, ungleich vorbelastet (Wirk- und Blindlaststoß).

1,5 MW motorisch an. Die Leistungen der beiden Maschinen verlaufen nach dem Schalten fast spiegelbildlich gleich und differieren nur um die etwa 2 % betragenden Leitungsverluste. Die Spannung sinkt bei der ersten Lastpendelung etwas ab und steigt schließlich am Ende über ihren Anfangswert hinaus, entsprechend der Entlastung der Maschinen und der Drehzahlsteigerung.

Jetzt wurde die an und für sich schon härtere und größere Maschine 4 (3000 U/min) belastet (24 MW, $\cos\varphi = 1$ bei 170 % Leerlauferregung) und mit der leerlaufenden Maschine 3 (80 % Erregung) zusammengeschaltet. Die Netzspannung betrug wieder 5,7 kV. Nach Abtrennen vom Netz beträgt jetzt nach Abb. 5 die Stoßschwingung 40°, die fast schon die statische Kippgrenze erreicht. Von dem Stoß von 24 MW kommt auf Maschine 4 15 MW, auf Maschine 3 9 MW. Die Beschleunigungsleistungen sollten aber 10,5 MW bzw. 13 MW betragen. Danach müßten die Maschinen rechnerisch schon bei einem Stoß $N_2 = 19$ MW kippen, was hauptsächlich durch die starke Dämpfung verhindert wird. Die zugeführte Leistung fällt schneller als beim vorigen Versuch infolge der kleineren Schlußzeit der Ventile der Maschine 4, die nämlich ihrer kleineren Anlaufzeit angepaßt ist, bei der ersten Schwingung aber immerhin erst um 10 %. Bei umgekehrter Belastungsverteilung der Maschinen (Maschine 3 20 MW, Maschine 4 0 MW) wurde eine Stoßschwingung von 3° gemessen. Durch die jetzt höhere Erregung der Maschine 3 wurden nämlich die synchronisierenden Leistungen den Schwungmomenten, d. h. die Eigenfrequenzen unter sich und damit die Stöße, den Beschleunigungsleistungen angeglichen.

Abb. 7. **Ermittlung der asynchronen und der dynamischen synchronen Drehmomenten-Charakteristik aus der Leistungspendelung beim asynchronen Durcheinanderlauf.**

Zur Untersuchung der Stabilität von Kraftwerksmaschinen beim Betrieb mit ungleicher Spannungsregelung bei Entlastungsstößen wurde die leerlaufende Maschine 3 stark untererregt (55 % Leerlauferregung); Maschine 2 war wieder mit 20 MW, $\cos\varphi = 1$ voll belastet und entsprechend etwas übererregt (155 % Leerlauferregung). Die Polradspannungen verhielten sich also etwa $E_{p_1} : E_{p_3} = 2{,}5 : 1$. Die Untererregung entspricht dem ungünstigsten Falle, einer kapazitiven Blindbelastung. Der Pendelausschlag beim Entlasten nach Abb. 6 wird größer. Die Spannungsregler waren wieder abgestellt, so daß die Bedingung für die Stabilität sehr ungünstig war. Dabei wird nahezu der Fall der gewöhnlichen langsam wirkenden Spannungsregelung getroffen. Beim Abschalten verschwinden sowohl die an das Netz abgegebene Wirk- wie Blindleistung. Letztere betrug etwa 6 MVA von der untererregten Maschine 3 bei 5,7 kV Netzspannung. Die Maschinen-Klemmenspannungen fallen zunächst um den Streuspannungsabfall und darauf entsprechend dem Abklingen der freien Läuferströme auf den der Erregung der Generatoren entsprechenden Wert. Dieser Ausgleichvorgang ist jedoch im Verhältnis zur Pendeldauer wieder so kurz, daß für die Pendelung annähernd schon die stationären Endwerte der Spannung in Betracht kommen, da der Erregerstrom nicht nachgeregelt wurde. Die den Polradspannungen E_{p_1} und E_{p_3} entsprechende Kippleistung ist also praktisch auch schon im Anfang für die Pendelung maßgebend.

Sofort nach dem Abschalten geht die von Maschine 2 elektrisch abgegebene Leistung, die jetzt Maschine 3 erhält, von 20 auf 7,2 MW zurück infolge der Reaktanzvergrößerung der Strombahn und der kleineren Spannung von Maschine 3, die stark untererregt lief. Rechnungsgemäß würde die Leistung nach Abb. 2 auf $\frac{N_x}{N_0} = \frac{z_1}{z_1 + z_2} \cdot \frac{E_{p_3}}{U_k} = \frac{1}{2} \cdot 0{,}7 = 35\,\%$ fallen, so daß auf Maschine 2 ein Entlastungsstoß $N_{z_2} = 13$ MW, auf Maschine 3 $N_{z_3} = 7$ MW kommt. Zur gleichmäßigen Beschleunigung der fast gleichen Massen muß sich der Stoß im Verhältnis der Massen ungefähr gleich aufteilen: $N_{L_2} = 10{,}7$ MW, $N_{L_3} = 9{,}3$ MW. Die Koppelleitung muß hierfür eine zusätzliche Stoßbelastung $\Delta N = N_{z_3} - N_{L_3} = 2{,}3$ MW aufnehmen, was sie jedoch auch selbst statisch nicht mehr kann, da die Kippleistung auf $N_k = \frac{E_{p_1} E_{p_3}}{z_1 + z_2} = 7{,}8$ MW, also auf weniger als die Hälfte einer Maschine gesunken ist. Nach dem Oszillogramm wird eine Kippleistung 10 MW einschließlich der asynchronen Leistung erreicht. Das Kippen trat nach 1 s ein. Der Regler brauchte in dieser Zeit nur 4 MW = 20 % Vollast herunterzuregeln, um die Maschinen in Tritt zu halten, während er tatsächlich nur 5 ... 10 % schaffte. Das asynchrone Durcheinanderlaufen dauerte 18 s. Hierbei geht die Leistung bei jeder vollen Umkreisung von $\vartheta = 0$ bis $\vartheta = 2\pi$ zweimal durch Null entsprechend der Phasengleichheit und der Phasenopposition der Spannungsvektoren der schlüpfenden Maschine. Ein Teil der Leistung wird asynchron übertragen. Der Schlupf zwischen den Maschinen nimmt zunächst noch infolge des nur langsamen Schließens der Ventile zu und erreicht den Höchstwert etwa beim 6. Polraddurchgang (6,6 %, gleich dem doppelten Wert der aus dem Oszillogramm gemessenen sekundlichen Leistungspendelungen). Daraufhin nimmt er langsam ab. Die an die langsamer laufende Maschine 3 übertragene Dämpferleistung überwiegt jetzt die Beschleunigungsleistung der Maschine 2. Das Dämpferdrehmoment wird wieder stärker. Bei 1,2 % Schlupf fallen die Maschinen in Tritt und schwingen sich fast auf Leerlauf ein. Die mittlere Drehzahl der Maschinen steigt langsam an, nachdem die ziemlich erhebliche asynchrone Dämpferleistung beim Durcheinanderlaufen abgenommen hat. Die Ventile bleiben mit geringer Öffnung während dieser Zeit ruhig stehen, da ja ihre Schlußzeit groß gegenüber der Zeit einer Schlüpfung ist und sie überdies gegenüber den kleinen Drehzahlschwankungen zu unempfindlich sind. Die Leistungsregler werden also bei Schlupfpendelungen nur von der mittleren Drehzahl beeinflußt und verändern nicht die Dämpfung des Systems. Beim asynchronen Durcheinanderlaufen ist die Leistungskurve einseitig verlagert und jeweils die generatorische Wirkleistung größer als die motorische infolge der asynchronen Dämpferleistung. In Abb. 7 ist die oszillographisch bei 2 % mittlerem Schlupf aufgenommene Leistungskurve (gestrichelte Kurve unten) mit Hilfe des oszillographisch aufgenommenen Pendelwinkels (gestrichelte Kurve oben) durch waagerechtes Herüberloten auf gleichförmige Schlupfgeschwindigkeit reduziert (ausgezogene Kurve), sie gibt daher jetzt den Verlauf des Drehmomentes in Abhängigkeit vom Pendelwinkel wieder, da die relativen Schlupfschwankungen und daher Änderung der asynchronen Leistung nur sehr gering sind. Das dynamische synchrone Drehmoment verläuft ebenso wie das statische ziemlich sinusförmig, da ja die Abschirmung des Ankerrückwirkungsfeldes am schlüpfenden Läufer ziemlich gleichmäßig erfolgt; sie ist ziemlich klein, da die Leistungsamplituden mit dem Schlupf nicht wachsen.

Abb. 8. **Asynchrone Drehmomenten-Charakteristik.**

Bei Vernachlässigung der Koppelleitungsverluste und der Schlupfschwankung ist die mittlere asynchrone Dämpferleistung etwa gleich der mittleren während einer Schwingungsperiode abgegebenen Leistung, die man nach Abb. 7 durch Abgleich der über- und unterschießenden Flächen oder genauer noch durch Fourier-Analyse der Leistungspendelung als konstantes Glied (Grundwelle) berechnet. Hierbei ist allerdings vorausgesetzt, daß die Dämpfung unabhängig vom Pendelwinkel ϑ konstant ist, d. h. daß Quer- und Längsfelddämpfung übereinstimmen. Für Turboläufer mit geschlossenem Dämpferkäfig ist dies nahezu der Fall, wie eine nähere Kurvenanalyse der Leistungskurve zeigte. In Abb. 8 ist nach Auswerten mehrerer Durchgänge mit verschiedenem Schlupf die Dämpferleistung abhängig vom Schlupf dargestellt, wie sie aus der Leistungskurve ermittelt

wurde. Die Dämpferleistung ist hierbei auf das synchrone Kippmoment bezogen. Die Kurve gibt die asynchrone Drehmomenten-Charakteristik wieder. Man pflegt das asynchrone Drehmoment in Beziehung zum synchronen Nenndrehmoment der Maschine zu setzen, indem man den äquivalenten Schlupf angibt, bei dem also unter der idealisierten Voraussetzung linearer Zunahme des Drehmomentes mit dem Schlupf über den Kippunkt hinaus das volle synchrone Drehmoment asynchron abgegeben würde. Da der Versuch nicht bei Leerlauferregung ausgeführt wurde, ist eine Umrechnung erforderlich. Nach Abb. 8 beträgt der äquivalente Schlupf 4,2 %, bezogen auf das Kippmoment N_k. Dieses ist proportional dem Produkt der Polradspannungen, während die Dämpfung mit dem Mittelwert aus den Quadraten der induzierten Spannungen steigt, wenn man von der relativ geringen Anfachung absieht. Bei dem Versuch sind beide Faktoren gleich und heben sich daher heraus. Da das dynamische Kippmoment bei Leerlauferregung etwas größer als das Nenndrehmoment ist, so beträgt der äquivalente Schlupf $\overline{s_0} = 3{,}8\,\%$. Aus der Auspendelung beim Einschwingen (Querfelddämpfung) berechnen sich zum Vergleich aus dem Amplitudenverhältnis $\alpha = 2$ von zwei aufeinander folgenden Halbschwingungen das Dämpfungsverhältnis $\frac{\delta}{\nu} = \frac{\ln \alpha}{\pi} = 0{,}22$ und der äquivalente Schlupf $\overline{s_0} = \frac{\nu}{2\delta}\,\frac{1}{k}\,\frac{\nu}{\omega} = \frac{1}{0{,}44} \cdot \frac{1}{1{,}2} \cdot \frac{4}{314} = 3\,\%$. Die tatsächliche Dämpfung ist also größer als die rein elektrisch gemessene, da die mechanische Dämpfung (Lagerreibung, Luftreibung der Turbinenschaufeln, Abfall des Turbinendrehmomentes mit der Geschwindigkeit) einen beachtlichen Beitrag liefert. Wie man aus dem Versuch ersieht, reicht diese starke Dämpfung aus, die Maschinen trotz der noch etwas ungleichen Reglerstellung infolge der vorhergehenden verschiedenen Belastung wieder allmählich in Tritt zu bringen. Durch schnelles Einregeln der Leerlauffüllung wird das Fangen weiter beschleunigt.

Die Spannung der 100 kV-Sammelschienen bricht beim Außertrittfallen ($\vartheta = 180°$) völlig zusammen und pendelt darauf beim asynchronen Durcheinanderlauf etwa zwischen 15 und 40 %. Sie geht nicht mehr ganz auf Null zurück, da die Erregungen der Maschinen ungleich sind. Die Spannung steigt langsam beim Einpendeln an. Der Spannungsendwert liegt wieder höher als der Anfangswert entsprechend der Entlastung der beiden Maschinen. Infolge des sinusförmigen Verlaufes des synchronen Drehmomentes ist die Geschwindigkeit der Läufer ebenfalls schwach oszillierend. Diese Schwankungen, die auch in der Spannungskurve zum Ausdruck kommen, nehmen mit kleinerwerdendem Schlupf zu, bis die Maschinen wieder in Tritt fallen.

Aus dem letzten Versuch ersieht man, wie wichtig es für die Stabilität parallel arbeitender Kraftwerksgeneratoren ist, jede Maschine mit einem eigenen, möglichst schnell arbeitenden Spannungsregler zu versehen, um so große Differenzen in der Eigenschwingungszahl infolge Abweichungen der polradgebundenen Spannungen bei Laständerung und spannungssenkenden Blindlaststößen so schnell wie möglich auszugleichen und hierdurch größere Pendelungen zwischen den Generatoren bei Laststößen zu verhindern. Eine möglichst gleichmäßige Aufteilung der Blindleistung von vornherein erhöht daher die Stabilität.

Abb. 9. Abschalten von drei ungleich belasteten Maschinen.

Schließlich wurde noch als Versuch 7, zweiter Teil, ein Entlastungsversuch mit drei ungleich belasteten Maschinen (Maschine 1: 15 MW, $\cos\varphi = 1$, Maschine 4: 5 MW, $\cos\varphi = 1$, Maschine 3: 0 MW)[6] ausgeführt (Abb. 9). Der Entlastungsstoß von 20 MW verteilt sich der Reihe nach mit 8,1, 6,6, 5,3 MW, was wieder den synchronisierenden Leistungen entspricht. Zur gleichmäßigen Beschleunigung der Massen wird alsdann der Stoß proportional den kinetischen Energien mit 4,8, 6,7, 8,5 MW aufgeteilt; dadurch treten bei den Maschinen 1 und 3 Pendelungen von etwa 2 MW auf, während Maschine 4 mit der mittleren Belastung und daher mittleren Polradspannung sich gleich der mittleren Beschleunigung anpaßt; aus den Leistungskurven sind die jetzt entstandenen 2 Frequenzen zu erkennen.

(Fortsetzung folgt.)

[6] Angaben über Maschine 1 im Teil II, ETZ 1931, S. 1185.

Gasgefüllte Verstärker- und Ionensteuerröhren*.

(Mitteilung aus dem Forschungslaboratorium der Siemenswerke.)

Von **E. Lübcke**, Berlin.

Übersicht. Gittergesteuerte Gasentladungsröhren werden in steigendem Maße als Schalt- und Regelelemente in der Starkstromtechnik benutzt. Die physikalischen Vorgänge am Gitter dieser Röhren (Quecksilberdampf- oder Wandstromverstärker, Ionenrohr oder Thyratron) werden dargestellt. Der Wandstromverstärker arbeitet stetig wie ein Hochvakuumrohr, das Ionenrohr unstetig und erfordert deshalb besondere Maßnahmen für eine stetige Stromregelung.

In den letzten Jahren sind eine Reihe von gasgefüllten Elektronenröhren entwickelt worden, welche mit den bekannten Hochvakuum-Elektronenröhren gemeinsam haben, daß erstens eine Elektronenquelle als Kathode vorhanden ist, von der ein Elektronenstrom zu einer Anode übergeht, und daß zwischen diesen beiden Elektroden eine dritte Elektrode, die Steuerelektrode oder das Gitter, eingebaut ist. Dabei ist immer beabsichtigt, daß Änderungen des Gitterpotentials Änderungen des Anodenstromes zur Folge haben, wobei die im Steuerkreis aufzuwendende Leistung klein sein soll gegen die im Anodenkreis erzielte Leistung.

Um diese Röhren als Regelelemente anwenden zu können, ist eine Klarlegung der ihnen gemeinsamen physikalischen Vorgänge erforderlich. Diese soll im folgenden gegeben, technische Einzelheiten sollen dagegen nicht näher behandelt werden.

Einfluß des Gasgehaltes auf die Kennlinie.

Die Zusammenhänge zwischen der Gitterspannung U_g und dem Anodenstrom I_A werden durch die Kennlinie dargestellt: $I_A = f(U_g)$. Abb. 1a zeigt die Kennlinie einer Hochvakuumröhre. Bei negativem Gitter ist $I_A = 0$, der Widerstand der Röhre unendlich groß. Bei positivem Gitter erreichen sämtliche von der Glühkathode austretenden Elektronen die Anode, der Anodenstrom ist konstant, der Widerstand der Röhre ist konstant und beträgt einige tausend bis hunderttausend Ohm. In der Nähe des Nullpunktes bei schwach negativ gehaltenem Gitter liegt der Bereich, wo der Anodenstrom I_A eine eindeutige Funktion von U_g ist, darstellbar durch die Barkhausensche Röhrengleichung

$$I_A = S(U_g + D\,U_a),$$

wo S die Steilheit der Kennlinie und D den Durchgriff bedeuten. Kennzeichnend für eine Hochvakuumröhre ist die geringe Anodenstromstärke ($I_A \approx 0{,}05$ A bei $U_a = 200$ V), hervorgerufen durch die negative Raumladung um die Kathode, und damit verbunden die Notwendigkeit, hohe Spannungen ($U_a = 10\,000 \ldots 20\,000$ V) anzuwenden, um einige Ampere Elektronenstrom zu erzielen. Die Kennlinie wird im Arbeitsbereich in bekannter Weise zur Verstärkung ausgenutzt.

Bei den gasgefüllten Röhren ist die Elektronenquelle entweder ein Lichtbogen in Quecksilberdampf oder anderen Metalldämpfen oder in Edelgasen von stark vermindertem Druck, oder es wird beim Arbeitsvorgang der Strom von der eigentlichen Glühkathode zur Anode durch einen derartigen Lichtbogen selbst getragen. Die Verhältnisse liegen dadurch wesentlich komplizierter und unübersichtlicher, weil außer den Elektronen noch positive Ionen als elektrische Ladungsträger und neutrale Gasatome in den Röhren vorhanden sind. Dem Dampf- bzw.

* Unter Anlehnung an einen im EV Braunschweig am 8. V. 1931 gehaltenen Vortrag.

Gasdruck entsprechend befinden sich noch etwa 10^{14} Atome in 1 cm³. — Bemerkt sei noch, daß Edelgase und Metalldampf sich Elektronen gegenüber gleich verhalten, ihre neutralen Atome haben keine Tendenz, Elektronen an sich zu binden.

Als wesentliche Wirkung des Vorhandenseins positiver Ionen ist die Aufhebung negativer Raumladungen und Bildung positiver Raumladungsschichten zu nennen. Das Verschwinden der negativen Raumladung läßt hier bei Glüh- oder Bogenfleckkathoden Ströme von Zehnern und Hunderten von Ampere schon bei Spannungen von Zehnern und Hunderten von Volt zu. Weiter ergibt sich hieraus, daß der Anodenstrom erst dann eine Sättigung zeigt, wenn sämtliche positiven Ladungsträger zur Aufhebung der negativen Raumladung herangezogen sind, wir kommen aber so bis zu Stromdichten von der Größenordnung 10 A/cm². Im übrigen wird dieser Strom selten erreicht, sondern wir können hier immer sagen: Die Höhe des Anodenstromes ist stark durch den äußeren Widerstand des Anodenkreises bestimmt.

Abb. 1. Kennlinien eines Hochvakuum-Verstärkerrohres (a), eines gasgefüllten Verstärkerrohres (b) und eines Ionenrohres (c).

Bei der gasgefüllten Verstärkerröhre oder Wandstromverstärker (Abb. 1b) können wir im Arbeitsbereich den Anodenstrom I_A durch eine ähnlich eindeutige Funktion $G(U_G)$ darstellen wie bei der Hochvakuumröhre. Wir können den Anodenstrom in Abhängigkeit von der Gitterspannung beliebig verkleinern oder vergrößern und können also durch geeignete Schaltungen dieselben Erscheinungen wie bei Hochvakuumröhren hervorrufen, d. h. den Strom verstärken, Schwingungen erzeugen usw., nur wird hier durch eine erhebliche Steigerung des Anodenstromes unter gleichzeitiger Verminderung der Anodenspannung die gleiche Anodenleistung erzielt. Der innere Widerstand der Röhre liegt bei 50 Ω. Bisher können diese Röhren nur für einen verhältnismäßig kleinen Durchgriff $D = 2 \ldots 5\,\%$ hergestellt werden. Die Gründe hierfür werden sofort klar werden, sobald man die Steuerungsmöglichkeit als solche untersucht hat.

Wir betrachten jetzt erst die Gleichstrom-Charakteristik einer Ionenröhre (Abb. 1c). Nimmt man einen größeren Durchgriff, d. h. gibt man dem Anodenfelde die Möglichkeit, durch die Steuerelektrode weitgehend in den Entladungsraum hineinzugreifen, dann können leicht einige Elektronen zur Anode gelangen. Ist der Abstand zwischen der Steuerelektrode und der Anode nicht mehr klein zur freien Weglänge der Elektronen, dann können die Elektronen sofort durch Stoß ionisieren und somit fast den gesamten bisher zwischen Kathode und Anode bestehenden hohen Widerstand beseitigen und eine Lichtbogenentladung einleiten. Der Strom ist bei negativem U_G zunächst Null und bleibt es bis zu dem Durchbruch der Entladung durch die Steuerelektrode. Die Höhe von I_A ist hier nur durch den äußeren Widerstand bestimmt. Die eingefügten Pfeile sollen zeigen, daß der Strom nur in einer Richtung eindeutig von U_G abhängt. Man kann durch Positivmachen der Gitterspannung den Strom wohl einschalten, aber bei späterem Negativmachen behält er immer diesen durch den äußeren Widerstand bestimmten Wert bei. Der innere Widerstand der Ionenröhre ist negativ. Die Spannung zwischen Kathode und Anode ist in sehr weiten Grenzen unabhängig von dem Anodenstrom und liegt zwischen 10 und 20 V. Mit der Ionenröhre kann man genau wie mit einem mechanischen Schalter einen bestimmten Strom einschalten. Den Strom können wir nur dadurch unterbrechen, daß wir die Spannung von der Röhre abnehmen oder daß wir die Spannung umpolen, weil dann die Glühkathode keine Elektronen emittieren kann.

Auftreten von positiven Raumladungsschichten an den Steuerelektroden.

Die Steuerelektrode liegt in Form eines Drahtgitters G (Abb. 2) bei der Verstärkerröhre unmittelbar vor der Anode A. Beide Elektroden befinden sich z. B. in der positiven Säule eines Hg-Vakuumlichtbogens. Wir haben in der Volumeneinheit hier annähernd gleichviel Plus- und Minusteilchen, von beiden etwa 10^{10}. Liegen die Gitter G an einem gegen den Entladungsraum negativen Potential, so werden zunächst einmal alle Elektronen vom Gitter zurückgestoßen, dagegen werden die positiven Ionen angezogen und geben ihre Ladung am Gitter G ab. Wir haben auf diese Weise einen positiven Gitterstrom (vgl. Abb. 1 b). Dieser erreicht aber nur Bruchteile von 1 mA/cm², weil sich um den Draht eine positive Raumladung bildet. Die Dicke dieser positiven Raumladungschichten ist für Quecksilber etwa 600mal geringer als eine negative Raumladungschicht von Elektronen bei gleicher Stromdichte. Bei entsprechend gewähltem Abstand der Gitterstäbe können jedoch diese um jeden Gitterstab gebildeten Raumladungsschichten sich berühren. Wir haben einen Potentialverlauf, wie er in der Abb. 2 im oberen Teile durch die Äquipotentiallinien angedeutet ist. Im unteren Teil ist ein Schnitt durch die obere Darstellung gezeigt, und zwar einmal wie der Potentialverlauf durch einen Gitterdraht (G) und dann wie der Verlauf in der Mitte zwischen zwei Drähten (m) ist. Es können in diesem Falle aus dem Entladungsraum kommende Elektronen die Potentialschwelle m noch nicht überwinden. Es kommen nur Elektronen aus dem Raume zwischen Gitter und Anode zur letzteren. Diese sind aber im Moment des Einschaltens der Anodenspannung abtransportiert. Wir haben also den Strom $I_A = 0$. Verkleinert man das negative Gitterpotential, so verkleinert sich auch der Durchmesser der positiven Raumladungschicht; wir haben dann einen Verlauf der Äquipotentiallinien, wie ihn der obere Teil der Abb. 3 zeigt. Der untere Teil gibt den Potentialverlauf durch einen Draht (G) und in der Mitte zwischen zwei Drähten (m) wieder. Die Elektronen der positiven Säule haben jetzt keine Potentialschwelle mehr zu überwinden, sie können zur Anode gelangen und können einen beträchtlichen Anodenstrom tragen. Durch Ändern der negativen Spannung am Gitter gelangen also mehr oder weniger Elektronen zur Anode, und zwar durch Verändern der Dicke der positiven Raumladungschicht.

Abb. 2. Positive Raumladungen bei stark negativer Elektrode G.

Abb. 3. Positive Raumladungen bei schwach negativer Elektrode G

Es sei nochmals darauf hingewiesen, daß der Abstand zwischen dem Steuergitter G und der Anode A beim Wandstromverstärker so klein gewählt ist, daß die durch das Gitter hindurch getretenen Elektronen nicht durch Stoß ionisieren können. Ist der Abstand zwischen Gitter und Anode groß wie im Falle des Ionenrohres, dann haben wir in dem Raume Stoßionisation, wir haben eine selbständige Entladung; diese liefert uns eine größere Zahl von positiven Ionen, damit wird die positive Ionenstromdichte größer und die Dicke der Raumladungschicht kleiner. Wir können jetzt den von der Kathode zur Anode übergehenden Elektronenstrom nicht mehr beeinflussen; der Strom wird wohl eingeschnürt, aber es ist nicht mehr möglich, ihn völlig abzuschnüren.

Steuerungsmöglichkeiten der Gasentladung.

Ehe wir uns den beiden Rohrtypen, dem gas- oder dampfgefüllten Verstärkerrohr, von Schottky[1] Wand-

[1] E. Lübcke u. W. Schottky, Wiss. Veröff. Siemens-Konz. Bd. 9, S. 390 (1930).

stromverstärker genannt, und dem Ionenrohr, von Hull[2] Thyratron genannt, zuwenden, wollen wir noch einmal zusammenfassen, was sich aus den Betrachtungen über die positiven Raumladungen um die negativ geladenen Steuerelektroden für die Möglichkeiten der Steuerung einer Gasentladung ergibt.

1. Die Raumladungschicht ist sehr dünn und um so dünner, je größer die positive Stromdichte und je kleiner das negative Potential ist.

2. Die Zahl der Elektronen, welche durch die Löcher der Steuerelektroden und zwischen den sie einhüllenden positiven Raumladungsschichten hindurchtreten, läßt sich nur reproduzierbar verändern, wenn die Elektronen nach ihrem Durchgang durch die Steuerelektrode nicht ionisieren und damit keine selbständige Entladung einleiten können.

3. Ist erst einmal hinter der Steuerelektrode eine selbständige Entladung entstanden, dann wird der Durchmesser der Raumladungschicht kleiner, und die einmal eingeleitete selbständige Entladung kann durch die Steuerelektrode nicht wieder unterbrochen werden. Ein Lichtbogen kann also durch eine Steuerelektrode nur am Entstehen verhindert, aber durch sie nicht ausgelöscht werden.

Elektronenquelle der Gasentladung.

Nur bei einer Bogenentladung haben wir einen so niedrigen Spannungsabfall über der Röhre, daß wir mit der Röhre größere Ströme technisch beherrschen können. Bei dem Wandstromverstärker muß man dauernd eine Bogenentladung in der Röhre haben, damit dort die für die Steuerung benötigten Elektronen und Ionen vorhanden sind. Bei der Ionenröhre muß man wenigstens eine Elektronenquelle haben, welche die zum Einschalten des Rohres benötigten Elektronen liefert. Der Wandstromverstärker ist im Forschungslaboratorium des Siemenskonzerns zuerst mit einem Hg-Dampf-Vakuumlichtbogen betrieben[3] worden, später auch mit einem Lichtbogen in Argon oder Quecksilberdampf mit einer besonderen Glühkathode[4]. Dieselbe Art von Glühkathoden ist auch mit Erfolg bei Ionenröhren benutzt worden. Die spezifische Belastung der Kathoden kann hier sehr hoch getrieben werden bis auf einige Ampere je Watt zugeführte Heizleistung. Für unseren Zweck hat sich eine indirekt beheizte Hohlkathode nach M. Schenkel bewährt. Im schematischen Schnitt durch eine derartige Kathode (Abb. 4) zeigt *1* die Heizspirale aus Wolfram. Die Rückleitung des Stromes erfolgt durch die Ansätze *2*, welche auch den eigentlichen Bogenstrom zuführen. Mit dem indirekt beheizten Zylinder sind noch Flächen *3* verbunden, welche infolge der Strahlungsschutzmäntel *4* und *5* auch auf so hohe Temperaturen (800 ° C) kommen, daß ein auf ihnen befindlicher Überzug eines Elektronen emittierenden Materials, wie Barium, Strontium oder ähnliche Stoffe, in großer Zahl Elektronen austreten läßt. Die Form der Hohlkathode ist hier möglich, weil die stets vorhandenen positiven Ionen die vor der emittierenden Oberfläche sonst auftretende negative Raumladung beseitigen. Auf diese Weise kann das Feld in den Hohlkörper hineingreifen, selbst durch die Löcher *7* des Deckels *6* hindurch, um alle abgegebenen Elektronen zum Stromtransport heranzuziehen. Wir müssen uns außerdem gegen die Zerstörung der Kathode durch positive Ionen schützen. Hierzu dient einmal der Deckel. Außerdem ist durch amerikanische Untersuchungen bekannt geworden, daß langsame Ionen eine nur geringe zerstörende Wirkung auf die Oberfläche ausüben[5]. Wir haben also nur durch Gestaltung des Entladungsraumes und des Gasdruckes dafür zu sorgen, daß wir keine Ionen größerer Geschwindigkeit als etwa 22 ... 28 V bei Edelgas- oder Quecksilberdampffüllung haben. Dies läßt sich ermöglichen. Damit kommt man zu Kathoden hoher Emissionsfähigkeit (10 ... 100 A und darüber) bei Lebensdauern über 4000 Brennstunden, ohne daß diese Zahlen nur die tatsächlich erreichbare Grenze darstellen sollen.

Bei Benutzung eines Quecksilber-Lichtbogens als Elektronenquelle, dessen Kathodenfleck wir, zweckmäßigerweise noch durch einen aus der Hg-Oberfläche herausragenden Wolframstift fixieren, kommen wir zu sehr großen Lebensdauern. Bei Wandstromverstärkern sind Lebensdauern von 25 000 Betriebstunden und darüber erzielt worden.

[2] A. W. Hull, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 47, S. 798 (1928).
[3] E. Lübcke, Z. Hochfrequenztechn. Bd. 32, S. 1 (1928).
[4] E. Lübcke u. W. Schottky, Wiss. Veröff. Siemens-Konz. Bd. 9, S. 390 (1930).
[5] A. W. Hull u. W. F. Winter, Phys. Rev. Bd. 21, S. 211 (1923). A. W. Hull, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 47, S. 798 (1928).

Wandstromverstärker.

Die oben unter den Steuerungsmöglichkeiten genannten Punkte 1. und 2. liefern uns die Gesichtspunkte für den Bau einer Verstärkerröhre mit Gasfüllung. An der Seite der eigentlichen positiven Säule (Abb. 5), daher der Name Wandstromverstärker, ordnet man den Steuerraum *GA* an. Das Gitter *G* muß verhältnismäßig sehr engmaschig sein, weil die positive Raumladungschicht nur einige zehntel Millimeter Dicke erreicht. Die Anode *A* sitzt hinter dem Gitter in einigen Millimeter Abstand, so daß kein Elektron innerhalb des Steuerraumes ionisieren kann, d. h. der Abstand muß klein gegen die freie Weglänge des Elektrons sein. Außerdem muß der Steuerraum gegen die positive Säule so vollständig abgeschlossen sein, daß Elektronen tatsächlich nur durch das Gitter hindurch in ihn hineingelangen können. Sorgt man hierfür nicht, so können Elektronen im Steuerraum stoßionisieren und damit die unter allen Umständen zu vermeidende selbständige Entladung, einen Durchschlag, hervorrufen. Der Steuerraum ist gegen die positive Säule durch das Gitter *G* und zwei Glasstutzen R_1 und R_2 völlig abgeschlossen. Die Wasserkühlung *S* dient zum Einstellen des für das Arbeiten richtigen Dampfdruckes; bei einer Glühkathode fällt sie weg. Hervorzuheben sind die große Steilheit des Rohres (0,5 A/V) und der geringe innere Widerstand (50 Ω). Da längs des Lichtbogens ein Spannungsabfall besteht, kann man die Länge des Steuereinsatzes nicht beliebig verlängern. Zur Erzielung größerer Leistungen in einer Röhre muß man den Einsatz unterteilen und für jeden eine gesonderte Gittervorspannung benutzen. Bei zwei Einsätzen in der Röhre kann man mit Vorteil die Gegentaktschaltung benutzen.

Abb. 4. Schnitt durch eine Hohlkathode.

Abb. 5. Schnitt durch einen Wandstromverstärker.

Abb. 6. Ansicht eines Wandstromverstärkers mit gekühlter Anode.

Noch höhere Leistungen kann man von einem Wandstromverstärker entnehmen, wenn man die Anode mit Wasser kühlt (Abb. 6); damit verschwindet auch eine sonst besonders bei Maschinensteuerungen störende Hystereseerscheinung bei ganz niedrigen Frequenzen unter 1 Hz.

Die Ionenröhre.

Den schematischen Aufbau einer Ionenröhre zeigt Abb. 7. Der Glaskolben *R* enthält entweder ein Edelgas niedrigen Druckes oder Quecksilber, dies in einem besonderen Ansatzrohr *Hg*, welches so gelegt ist, daß beim Betrieb der Röhre unter normalen Umständen die Temperatur des Quecksilbertropfens durch die Temperatur der Kathode mitbestimmt wird. Von der Höhe der Temperatur an dem Punkte *Hg* hängt allein die Größe des Hg-Dampfdruckes in dem ganzen Gefäß ab. Dabei ist die Voraussetzung gemacht, daß sich das Quecksilber in dem Gefäß nur an dem hierfür vorgesehenen Punkte *Hg* kondensieren kann. Letztere Betrachtungen gelten im übrigen natürlich

auch für den Wandstromverstärker, wenn man ihn mit Glühkathode und Quecksilberdampfbogen betreibt. Zwischen dem Anodenkörper A und der Kathode K ist als Steuerelektrode das Gitter G eingeschaltet. Das Gitter G kann natürlich auch um die Kathode K oder die Anode A herum angebracht werden. Das hängt von der Anoden- und Steuerspannung ab, für welche die Ionenröhre benutzt werden soll.

Zündung der Ionenröhre.

Bei der Steuerröhre wird durch Ändern der Gitterspannung ein Lichtbogen zwischen K und A eingeleitet. Dieser bleibt dann so lange bestehen, wie K und A ihre Funktionen als Kathode und Anode erfüllen. Wie ein Lichtbogen entstehen kann, könen wir an Hand des Potentialverlaufes längs der Röhre (Abb. 8a) erkennen. Der Potentialverlauf zwischen K und A führe über den Gitterstab G. In der Mitte eines Loches — setzen wir gleich voraus: des größten Loches — ist der Potentialverlauf durch die gestrichelte Linie m_1 angedeutet. Wir haben in dem Raume zwischen K und G_1 wohl freie Elektronen, die von der Kathode K spontan geliefert werden; die Potentialschwelle bei G_1 oder m_1 liegt aber noch so niedrig, daß kein Elektron dagegen anlaufen kann, damit gelangt also auch keins in den Raum G_1A, wo es infolge des hohen positiven Feldes sofort stoßionisieren könnte. Erhöht man das Gitterpotential von G_1 auf G_2, so hebt man in der Mitte der Gitterlöcher die Potentialschwelle von m_1 auf m_2. Bei einem derartigen Potentialverlauf Km_2A ist für die von der Kathode austretenden Elektronen die durch die Steuerelektrode hervorgerufene Potentialschwelle beseitigt. Es können Elektronen in den Raum GA gelangen, dort ionisieren und somit momentan einen Lichtbogen zwischen K und A einleiten. Sobald der Bogen zündet, sinkt das Potential der Anode von dem hohen Werte A auf den niedrigen des Lichtbogens ab, der zwischen 10 und 20 V liegt.

Abb. 7. Schematischer Schnitt durch ein Ionenrohr.

Abb. 8. Potentialverlauf in einer Ionenröhre bei der Zündung durch Erhöhung der Gitter- oder Anodenspannung.

Die Zündung kann man aber bei konstant gehaltenem Gitterpotential auch durch Steigerung der Anodenspannung bewirken (Abb. 8b). Durch Erhöhen des Anodenpotentials von A_1 auf A_2 wird der Potentialverlauf über die Gitterstäbe selbst nicht geändert, wohl aber über die Lochmitte, wie die gestrichelten Kurven m_1 und m_2 angeben. Damit verschwindet die Potentialschwelle bei G, und der Lichtbogen wird durch Stoßionisation von Elektronen eingeleitet. Daraus ergibt sich, daß zu jeder Anodenspannung eine bestimmte Gitterspannung für die Zündung gehört, die sog. Zündspannung. Besteht der Bogen einmal, dann haben wir das negative Gitter in die positive Säule des Bogens eingebettet. Dann kann keine Abschnürung des Lichtbogens und damit kein Verlöschen zustande kommen. Ehe das Ionenrohr gezündet hat, braucht auch kein nennenswerter Gitterstrom zu fließen, so daß die zur Einleitung der Zündung notwendige Energie ganz minimal ist (Größenordnung Milli- bis Mikrowatt).

Löschen der Ionenröhre.

Liegt am Ionenrohr eine Gleichspannung, dann ist der Lichtbogen innerhalb des Rohres gewöhnlich nur dadurch zu löschen, daß man die Strombahn außerhalb des Rohres unterbricht. Liegt an der Ionenröhre dagegen eine Wechselspannung, dann geht die Ionenröhre von selbst aus, sobald an der Kathode K nicht mehr der negative Pol und an der Anode A nicht mehr der positive Pol der Spannungsquelle liegt, d. h. also: bei jedem Phasenwechsel löscht die Ionenröhre von selbst aus. Hat man eine Wechselspannung an der Röhre, so kann man die Röhre mit einer gewissen Gitterspannung zünden. Der Augenblick der Zündung hängt nach den Ausführungen über die eindeutige Zuordnung der Anodenspannung zur Gitterspannung von der Höhe der letzteren ab. Man sieht ohne weiteres, daß der durchgelassene Strom durch Verändern der Gittergleichspannung nur zwischen seinem vollen Betrage und der Hälfte verändert werden kann. Bei einer Anodenwechselspannung kann der zeitliche Mittelwert des Anodenstromes um 50 % verändert werden, wenn die Gittergleichspannung entsprechend gewählt wird.

Benutzt man außer der Anodenwechselspannung noch eine Gitterwechselspannung, dann hängt der zeitliche Mittelwert des Anodenstromes von der Phasendifferenz zwischen Anoden- und Gitterspannung ab, wie Abb. 9 zeigt. Die Kurve Z, die Zündlinie, gibt (entsprechend dem festen Verhältnis zwischen den Momentanwerten der Anoden- und Gitterspannung) die Werte der Gitterspannung an, welche bei der in dem betreffenden Zeitpunkt vorhandenen Anodenspannung überschritten werden müssen, damit die Ionenröhre zündet. Sobald die Gitterspannung diese Kurve Z schneidet (Abb. 9a bei E), wird der Bogen gezündet. Bei der Phasendifferenz $\varphi = 0$ ist E der früheste überhaupt mögliche Zündmoment. Wie man aus Abb. 9a ersieht, setzt bei E der Strom ein; dieser besteht also fast eine Halbperiode, bis die Anodenspannung unter den Wert der Bogenspannung herabsinkt. Dann löscht der Bogen von selbst und bleibt so eine Halbperiode ($I_A = 0$); erst dann setzt das Spiel von neuem ein. In Abb. 9b ist $\varphi = 60°$. Hier setzt die Zündung auch erst beim Schnitt der Gitterspannung mit der Kurve Z bei E ein. Die Anodenspannung fällt auf den Wert der Bogenspannung ab und der zeitliche Mittelwert des Anodenstromes ist kleiner. Noch kleiner wird er im Falle Abb. 9c für $\varphi = 120°$. Man sieht ohne weiteres, daß bei $\varphi = 180°$ der Bogen gar nicht mehr zündet. Man kann also durch eine einfache Phasenverschiebung zwischen den beiden Wechselspannungen an Anode und Gitter den zeitlichen Mittelwert des Anodenstromes um fast 100% seines Maximalwertes verändern.

Den gleichen Effekt kann man auch dadurch erreichen, daß man der in der Phasendifferenz konstant bleibenden Gitterwechselspannung eine Gleichspannung überlagert (Abb. 10). In Abb. 10a ($\varphi = 90° =$ konst.) ist der Fall dargestellt, daß die hinzugeschaltete Gleichspannung positiv ist. Wir haben hier das Maximum des zeitlichen Mittelwertes des Anodenstromes. Für Abb. 10b ist die Gleichspannung gleich Null gewählt worden. Der Anodenstrom ist kleiner, und bei negativer Vorspannung des Gitters (Abb. 10c) ist er noch weiter verkleinert.

Als Beispiel für die Gestaltung einer derartigen Ionenröhre sei Abb. 11 wiedergegeben. Mit derartigen Ionenröhren lassen sich ganz beträchtliche Leistungen (einige Ampere bis zu hunderten) bei Spannungen bis zu 10 kV und mehr regeln, während in der Zeit des Stromflusses die Spannung nur von der Größenordnung 10...20 V ist. Für manche Zwecke ersetzen also derartige Steuerröhren mechanische Schalter und Widerstände, sparen also die Energie, welche sonst im Widerstand verloren geht. Sie liefern einen zerhackten Gleichstrom, den man durch Mehrphasenschaltungen usw. glätten kann. Bei der Regelung von Motoren z. B. wird ein leicht pulsierender Strom ohne weiteres in Kauf zu nehmen sein, nicht dagegen z. B. beim Betrieb von Großlautsprechern. Dort sind die zuerst behandelten Wandstromverstärker am Platz, die man im übrigen auch für Starkstrom-Regelungszwecke mit Vorteil benutzen kann.

Den physikalischen Vorgängen in der Ionenröhre entspricht die Beeinflussung des Zündmomentes von Glas-Quecksilbergleichrichtern durch Außenelektroden, die auf den Anodenarmen untergebracht sind. Man hat hier auch ein Gitter mit einem Loch und kann durch entgegengeschaltete Felder den Zündmoment ähnlich wie bei der Schaltröhre verschieben.

In der letzten Zeit ist es aber auch gelungen, in den Großgleichrichtern, deren Gefäße aus Eisen hergestellt sind, durch vor den Anoden angeordnete Gitter den Anodenstrom weitgehend zu beeinflussen[6]. Durch derartige gesteuerte Gasentladungen erhält man ruhende Frequenzumformer und Wechselrichter und kann im Bereich der Energieaufnahme und der Energierückgabe arbeiten.

[6] J. von Issendorff u. M. Schenkel, Siemens-Z. Bd. 11, S. 142 (1931).

Die genannten Beispiele sollen nur auf die Bedeutung von Gasentladungen für die Starkstromtechnik hinweisen; die Hochfrequenz- und Fernmeldetechnik bedient sich seit bald zwei Jahrzehnten mit Vorteil der Elektronenrelais für Steuer- und Verstärkerzwecke und zur Schwingungserzeugung.

Abb. 9. Verschieben der Zündung durch Änderung der Phase der Gitterwechselspannung.

Abb. 10. Verschieben der Zündung durch Änderung der Gittergleichspannung bei übergelagerter Wechselspannung.

Abb. 11. Ansicht eines Ionenrohres.

Zusammenfassung.

Im Anschluß an die Charakteristiken der Hochvakuumröhren, wie sie in der Radiotechnik benutzt werden, werden die Charakteristiken der gasgefüllten Verstärker- und Steuerröhren gezeigt. Die gasgefüllte Verstärkerröhre oder der Wandstromverstärker erlaubt eine kontinuierliche Steuerung. Mit der Ionenröhre kann man bei Gleichspannung einen Strom nur einschalten, aber gewöhnlich nicht löschen. Mit Wechselspannung läßt sich dagegen der zeitliche Mittelwert eines pulsierenden Gleichstromes kontinuierlich verändern. Gegenüber den Hochvakuumröhren zeichnen sich die gasgefüllten Röhren durch hohe Ströme und niedrige Spannungen aus, so daß sie als Regelelemente in der Starkstromtechnik Verwendung finden können, weil sie ganz erhebliche Leistungen zu beherrschen gestatten. Zur Erzeugung dieser hohen Ströme dient entweder ein Quecksilber-Lichtbogen oder eine besonders ausgebildete, hochemittierende Hohlkathode in Quecksilberdampf oder Edelgas.

Die Steuerung von Quecksilber-Großgleichrichtern entspricht den Vorgängen in der Ionenröhre. Der gesteuerte Gleichrichter gestattet die Umformung von Frequenzen und entnimmt nicht nur Energie aus einem Netz, sondern kann diese auch in das Netz zurückliefern, so daß man in einem derartigen Gerät einen ruhenden „Motorgenerator" erblicken kann.

Leistungsfaktorverbesserung mittels Kondensatoren.

Von **Fritz Jacobsson**, Stockholm.

Übersicht. **Die Königliche Wasserfallverwaltung, Schweden, hat bisher zur Leistungsfaktorverbesserung Kondensatoren mit einer Gesamtleistung von nahezu 5000 BkW angeschafft. Im Laufe dieses Jahres wird die Kondensatorleistung noch um 10 000 BkW erhöht. Außerdem haben mehrere größere Verbraucher Kondensatoren angeschafft. Die Betriebserfahrungen sind bisher gut gewesen. Bei Einschaltung von Kondensatorenbatterien entstehen zwar Überspannungen, aber diese haben sich als ungefährlich erwiesen. Die Kondensatoren sollten in erster Linie für den Ausgleich blinder Dauerbelastung benutzt werden. Hierbei sind sie den synchronen Phasenkompensatoren wirtschaftlich überlegen. Schon der Unterschied im Leistungsverlust reicht in der Regel aus, um die jährlichen Kosten für die Kondensatoren zu decken. Es wird nachgewiesen, daß sich der Energiegewinn genau berechnen läßt, wenn der Blindenergieverbrauch gemessen ist.**

I. Angaben und Erfahrungen über die bisher bei der Wasserfallverwaltung installierten Kondensatoren.

Zur Zeit beträgt die Kondensatorleistung nahezu 5000 BkW. Die zuerst eingeschaltete Batterie von 960 BkW bei 6000 V steht in der Stadt Hedemora am Endpunkt einer 106 km langen 40 kV-Leitung. Die Betriebserfahrungen sind durchgehend gut gewesen, denn es ist keine Betriebsstörung vorgekommen, die den Kondensatoren zuzuschreiben wäre. Dagegen waren die Kondensatoren selbst anfangs nicht betriebsicher. Die Fehlerursachen sind jedoch festgestellt worden und neue Elemente geliefert. Diese sind nunmehr ohne Störung seit Juli 1928 dauernd im Betrieb. Im Jahre 1929 wurden noch zwei Batterien zu je 975 BkW am gleichen Ort eingeschaltet und sind seitdem ohne Störung in Betrieb. Jede einphasige Gruppe von 325 BkW beansprucht eine Bodenfläche von $1{,}5 \cdot 1{,}7\,m^2$. Die Höhe bis zum oberen Rand der Sicherungen beträgt etwa 2,9 m, das Gewicht jeder Gruppe etwa 5 t[1].

Das Einschalten erfolgt mittels Ölschalters ohne Vorschaltwiderstand. Nach Abschalten wird ein dreipoliger Trennschalter betätigt, der in Trennlage die Batterie durch einen Widerstand erdet. Abb. 1 und 2 zeigen diese Batterien.

[1] Die Kondensatoren dieses Fabrikats sind beschrieben in ETZ 1930, S. 1433.

Die Berechnung des Kraftgewinnes ergab folgende Werte:

Kondensatorenleistung	Kraftgewinn bei			
	Höchstbelastung	Tagesdurchschnitt	Nachtdurchschnitt	24 h-Durchschnitt
BkW	kW	kW	kW	kW
1000	190	150	70	117
3000	450	330	90[2]	230

Der Blindwiderstand der Leitung beträgt etwa 44 Ω, so daß sich eine Spannungserhöhung von etwa $\frac{1000}{40} \cdot 44 = 1100$ V je 1000 BkW ergibt.

Abb. 1. Kondensatorenbatterie bei Hedemora, 6 einphasige Gruppen, insgesamt 1950 BkW, 6 kV verkettete Spannung, Sternschaltung.

Es verdient hervorgehoben zu werden, daß damals, als die obigen Kondensatorenbatterien bestellt wurden, ein synchroner Phasenschieber für 2500 BkW bei 6000 V zur Verfügung stand. Sein Leistungsverlust bei Vollast und $\cos\varphi = 0$ beträgt etwa 112 kW, während der Verlust einer Kondensatorenanlage für 2500 BkW etwa 8 kW beträgt. Die Kosten für den Verlustunterschied, 104 kW, kann man bei einer jährlichen Betriebszeit von 7500 h auf rd. 10 000 Kr schätzen; dazu kommt noch, daß die Batterien in einem verfügbaren Raum der Station aufgestellt werden konnten und keine nennenswerten Wartungskosten verursachen.

Bei Väja (Kraftwerk Norrfors) stehen zwei Batterien von insgesamt 1920 BkW. Die dortigen Erfahrungen über die Betriebsicherheit sind von der gleichen Art wie in Hedemora.

In den letzten Jahren hat es mancherlei Schwierigkeiten bereitet, die Blindleistung im 70-kV-System des Zentralblockes[3] zu beherrschen. Durch Vermehrung des Gefälles bei Älvkarleby und Austausch der älteren Turbinen ist nämlich die Wirklast der Generatoren höher und die für Blindlast verfügbare Generatorleistung unzureichend geworden. Es hat sich ergeben, daß es lohnend wäre, einen zur Verfügung stehenden Turbogenerator von etwa 8000 kVA in einem der Umspannwerke zur Blindleistungserzeugung zu verwenden. Eine Berechnung der Kosten für Kondensatorbatterien sprach auch in diesem Falle zugunsten der letzteren, obwohl eine Synchronmaschine von so beträchtlicher Größe zur Verfügung stand. Infolge dieses Ergebnisses wurden Kondensatoren für 10 000 BkW zur Lieferung im laufenden Jahre bestellt.

II. Einwirkung der Betriebsdauer auf das wirtschaftliche Ergebnis der Kondensatoren.

Als Beispiel können wir zweckmäßig eine im Bull. SEV Bd. 21, S. 653 (1930) veröffentlichte Untersuchung von A. Imhof verwenden. Imhof berechnet bei 3000 Betriebstunden im Jahr, daß die jährlichen Kosten für die Verluste einer Synchronmaschine für 1200 BkW 7645 Fr. die jährlichen Jahreskosten für 1200-BkW-Kondensatoren einschließlich Verluste 7500 + 643 = 8143 Fr betragen.

Wenn aber die Betriebsdauer erhöht wird, z. B. auf 6000 h, dann werden die Verlustkosten der Synchronmaschine $2 \cdot 7645 = 15\,290$ Fr, während die Jahreskosten der Kondensatoren nebst Verlusten $7500 + 2 \cdot 643 = 8786$ Fr betragen. Die Konkurrenzfähigkeit der Kondensatoren nimmt indessen erheblich zu, wenn man sie in erster Linie für Dauerbelastung benutzt. Kraftwerke mit ausgedehnten Netzen können Kondensatoren in großen Einheiten an geeigneten Punkten und bei zweckmäßigen Spannungen aufstellen. Sie können dabei oftmals das Problem der Leistungsfaktorverbesserung wirtschaftlicher lösen, als wenn jeder einzelne Verbraucher Kondensatoren aufstellt.

Als Beispiel sei erwähnt, daß die Kraftwerke des Schwedischen Staates bei 3- und 20 kV-Lieferungen eine jährliche Gebühr von 7,50 Kr = 10 Fr/BkW für den Teil der Blindlast berechnen, der 0,75 BkW/kW übersteigt. Die BkWh werden nicht bezahlt. In Imhofs Beispiel wird mit 1 Rp/BkWh gerechnet, was bei 3000 h Benutzungsdauer 30 Fr je BkW und Jahr entspricht[4].

III. Berechnung des Leistungs- und Energiegewinns.

Wenn die Kondensatoren dauernd eingeschaltet bleiben und BkWh-Zähler eingeschaltet sind, kann man den erzielten Energiegewinn genau berechnen.

Die Blindlast wird zweckmäßig separat behandelt, wobei man sich die scheinbare Leistung N_s [kVA] in eine Wirkkomponente $N_w = N_s \cos\varphi$ und eine Blindkomponente $N_b = N_s \sin\varphi$ [BkW] aufgeteilt denkt. Wenn die Spannung U [kV] Hauptspannung (Drehstrom) ist, dann wird der Wirkstrom $\frac{I_w}{U}$ [Amp.] „Hauptstrom"[5] und der „Blindstrom" $\frac{I_b}{U}$ [Amp.] „Hauptstrom".

Abb. 2. Im Vordergrund: Trennschalter. Im Hintergrund: Ein Teil der zuerst aufgestellten Kondensatorenbatterie von 950 BkW, 6 kV.

Der totale Leistungsverlust ist

$$(N_w^2 + N_b^2)\,\frac{r}{1000\,U^2}\ [\text{kW}] \text{ bzw. } (N_w^2 + N_b^2)\,\frac{x}{1000\,U^2}\ [\text{BkW}],$$

wenn r den Wirkwiderstand und x den Blindwiderstand der Leitung in Ohm bezeichnen.

Wie hieraus hervorgeht, ist der Leistungsverlust infolge der Blindlast von der Wirklast vollständig unabhängig.

Der Leistungsgewinn in einem Leitungsabschnitt wird in folgender Weise berechnet.

[2] Der Kraftgewinn erhöht sich von 90 auf 100 kW, wenn während der Nacht (10 h) 1000 BkW ausgeschaltet werden.

[3] Der Zentralblock umfaßt die Kraftwerke Trollhattan, Älvkarleby und Motala nebst dem Dampfkraftwerk von Vasterås.

[4] Vgl. a. ETZ 1928, S. 389; 1930, S. 1227 u. 1248.

[5] „Hauptstrom" bedeutet hier $\sqrt{3}$ · Phasenstrom.

Die Blindlast N_b [BkW] ist veränderlich mit der Zeit, $N_b = f(t)$, die Kondensatorleistung N_c [BkW] konstant, die Spannung U [kV] (Hauptspannung) konstant, der Wirkwiderstand r [Ω] konstant. Dann ist der Leistungsgewinn

$$(2\,N_b - N_c)\,\frac{r\,N_c}{1000\,U^2}\ [\mathrm{kW}].$$

Da der Leistungsgewinn eine lineare Funktion der veränderlichen Blindleistung ist, sieht man leicht ein, daß der Energiegewinn genau berechnet werden kann, wenn man die Blindenergie gezählt hat und somit den Mittelwert der Blindleistung kennt.

$$\text{Energiegewinn} = (2\,N_{b_{\mathrm{mitt}}} - N_c)\,\frac{r\,N_c\,t}{1000\,U^2}\ [\mathrm{kWh}];$$

darin bedeuten $N_{b_{\mathrm{mitt}}}$ den Mittelwert der Blindleistung, t die Zeit in Stunden.

Für eine Leitungstrecke mit mehreren Abschnitten und Ausgleich am Endpunkt ist der Leistungsgewinn

$$\left(\sum 2\,N_b\,r - N_c \sum r\right)\frac{N_c}{1000\,U^2}\ [\mathrm{kW}].$$

Der Energiegewinn wird analog berechnet.

Man erkennt leicht, daß der größtmögliche Leistungs- bzw. Energiegewinn bei einer gewissen verfügbaren Kondensatorleistung erzielt wird, wenn diese, am Endpunkt der Leitung beginnend, so verteilt wird, daß die Blindlast am entlegensten Teil der Leitung vollständig ausgeglichen wird. Den größten Kraftgewinn bei konzentrierter Aufstellung einer Kondensatorbatterie erhält man, wenn diese im Schwerpunkt desjenigen Außenteils der Leitung aufgestellt wird, dessen Blindlast der Kondensatorleistung gleich ist.

IV. Platzwahl für Kondensatoren.

Der Einheitspreis für 1 BkW für Kondensatoren der hier in Rede stehenden Art ist bei 220 und 380 V verhältnismäßig hoch, nimmt aber mit steigender Spannung ab und erreicht bei 2000 ... 6000 V einen Mindestwert, um dann wieder zu steigen. Der Einheitspreis sinkt auch bei steigender Größe der Kondensatorbatterien.

Infolge dieser Tatsachen ist es vorteilhaft, die Batterien an solchen Stellen des Netzes aufzustellen, wo eine geeignete Spannung verfügbar und der Anschluß ziemlich großer Einheiten möglich ist. Außerdem wähle man solche Punkte, an denen eine lange Benutzungsdauer der Blindleistung vorliegt.

Die Kraftwerke können dabei die Gebühr für BkW bzw. BkWh ziemlich mäßig halten, wobei es für kleinere Verbraucher oftmals billiger wird, diese Gebühr zu bezahlen, als verwickelte Sondermotoren zu benutzen oder Kondensatorbatterien selbst anzuschaffen.

Die dreiphasige Transformation in Amerika und in Europa*.

Von Dr. techn. **Milan Vidmar**, ord. Professor an der jugoslawischen Universität Ljubljana (Laibach).

(Schluß von S. 1484.)

III.

Die Sternschaltung der erregenden Wicklung ohne Nulleiter, wie sie unser dreiphasiger Transformator gewöhnlich bekommt, verursacht noch eine andere unangenehme Erscheinung im Leerlauf, die sich natürlich auch in den Betrieb mit beliebiger Belastung hineinzieht. Es handelt sich um die Oberwellen dreifacher Frequenz des Magnetisierungsstromes.

Sinusförmige Spannungen werden von sinusförmigen Kraftflüssen transformiert. Die Magnetisierungsströme sinusförmiger Kraftflüsse sind dagegen bekanntlich verzerrt. Bei hohen Sättigungen haben sie u. a. recht beträchtliche Oberwellen dreifacher Periodenzahl.

Wenn nun die drei erregenden Phasendurchflutungen um je 120° gegeneinander phasenverschoben sind, so sind ihre Oberwellen dreifacher Periodenzahl phasengleich. Für sie beträgt eben der Phasenwinkel 3 · 120°, sie können deshalb unmöglich die Summe Null geben. Der Sternpunkt der erregenden Wicklung ist für sie ein festverschlossenes Tor.

Die amerikanische Transformatorengruppe hätte selbstverständlich dieselben Schwierigkeiten mit den Oberwellen des Magnetisierungsstroms, wenn sie ohne Nulleiter in Sternschaltung arbeiten müßte. Die Folgen wären jedoch für sie anders, wie die folgende Untersuchung zeigt.

Unsere dreiphasigen Transformatoren müssen natürlich die Magnetisierungstrom-Oberwellen aufnehmen. Um sie durch den Nullpunkt der erregenden Wicklung durchbringen zu können, nehmen sie gleichzeitig für die Magnetisierung überflüssige und sogar lästige, gleich große Zusatz-Magnetisierungsströme dreifacher Frequenz auf, die mit den notwendigen in Gegenphase liegen. Das kommt allerdings auf das gleiche Ergebnis hinaus, wie wenn der Transformator ohne Oberwellen dreifacher Periodenzahl arbeiten müßte. Aber die Hilfsvorstellung ist doch sehr wertvoll, ganz besonders für den Vergleich der europäischen Transformation mit der amerikanischen.

Die notwendigen Oberwellen des Magnetisierungsstroms dreifacher Periodenzahl, die wir doch in die erregende Wicklung hineinfließen sehen, geben dem arbeitenden Kraftfluß die sinusförmige Gestalt. Die gleichzeitig vorhandenen, überflüssigen, gleich großen Zusatzoberwellen erzeugen einen unerwünschten einphasigen Zusatzkraftfluß dreifacher Periodenzahl, der von allen drei Säulen des Transformators ins Joch eintritt, von dort aus aber nach Abb. 4 den Luftweg einschlägt.

Zusatzspannungen dreifacher Periodenzahl werden vom Zusatzfluß jedenfalls induziert, u. zw. in allen drei Phasen. Der Nullpunkt des vom Transformator induzierten Spannungssystems wird also zu schwingen anfangen. Es ist ein Glück, daß der einphasige Zusatzfluß dreifacher Periodenzahl den großen Widerstand des Luftweges zu überwinden hat. Merkliche Schwingungen entstehen aber doch, wenn die Sättigung des Eisens erhebliche Oberwellen des Magnetisierungsstromes erzwingt.

Abb. 6.

Öltransformatoren ziehen natürlich auch den Zusatzfluß dreifacher Periodenzahl nach Abb. 6 teilweise in die Kesselwand. Diese Kesselwand bildet aber eine kurzgeschlossene Windung, die, wenigstens zum Teil, mit dem Zusatzfluß verkettet ist. So müssen Ströme in ihr entstehen, dreifacher Periodenzahl natürlich, die unter Umständen ganz gewaltige zusätzliche Leerlaufverluste bringen.

Vor den Oberwellen dreifacher Frequenz der Magnetisierungströme ist der europäische Transformatorenbau

* **Vortrag, gehalten im Elektrotechnischen Verein am 19. V. 1931. Die Besprechung des Vortrages folgt auf S. 1531 dieses Heftes.**

in neuester Zeit zurückgewichen. Wir waren bei kleineren Leistungen bereits über 14 000 Gauß im Säuleneisen vorgedrungen. Heute gehen wir nicht gern über 13 000. Wohl hätten wir auch den Zusatzfluß dreifacher Periodenzahl mit der Dreieckschaltung erfolgreich bekämpfen können, aber die Zugänglichkeit des Nullpunktes war uns wichtiger.

Die amerikanische Gruppe dreier einphasiger Transformatoren hätte gegenüber den Oberwellen dreifacher Frequenz einen schweren Stand, wenn man ihr den Nullleiter, der ihren Nullpunkt mit dem speisenden Generator verbindet, wegnehmen würde. Ihr Zusatzkraftfluß dreifacher Periodenzahl hätte es nicht nötig, den Luftweg einzuschlagen, er könnte im Eisen bleiben. Gewaltige Schwingungen des Nullpunktes wären unvermeidlich, für einen ordentlichen Betrieb wären sie ganz und gar unzulässig. Deshalb müßte sich die amerikanische Transformation für die Dreieckschaltung der erregenden Wicklungen entschließen, wenn ihr die Sternschaltung mit Nulleiter unzugänglich wäre.

Gerade das Problem der Erregerstrom-Oberwellen zeigt überraschend klar, wie innig der Zusammenhang der Bauart dreiphasiger Transformatoren mit der Behandlungsweise des Nullpunktes ist. Die magnetische Freizügigkeit der amerikanischen Transformation ist wertvoll, wenn es einen elektrischen Nulleiter gibt; sie wird nachteilig, wenn er entfallen muß. Anderseits drückt im europäischen dreiphasigen Transformator der magnetische Luftnulleiter kräftig auf die unerwünschten einphasigen Zusatzflüsse, die teils von den Unsymmetrien des Eisenkernes, teils von der Magnetisierungskurve erzwungen werden. Wir können erden, wenn wir wollen; wir können jede Erdung vermeiden, wenn es uns paßt. Der Amerikaner muß den Nullpunkt seiner Transformatorengruppe mit dem Nullpunkt der Energiequelle verbinden, wenn er die erregende Wicklung nicht in Dreieckschaltung zusammenlegen will.

IV.

Einseitige Belastungen sind im dreiphasigen Betrieb nie ausgeschlossen. Der Lichtbetrieb kann nie seine Lasten ganz gleichmäßig auf alle drei Phasen aufteilen. Jeder dreiphasige Transformator muß mit einphasigen Belastungen rechnen. Zuweilen handelt es sich um geringfügige Unsymmetrien, wie z. B. im Kraftbetrieb. Lichttransformatoren müssen schon ordentlich eingerichtet werden, damit sie einwandfrei arbeiten können.

Es gibt aber auch noch eine ganz gewaltige einphasige Belastung, die sich unweigerlich immer wieder einstellt: den einphasigen Kurzschluß. In Netzen mit geerdetem Nullpunkt hat jeder Erdschluß den einphasigen Kurzschluß zur Folge. Der Erdschluß ist aber die häufigste Ursache von Betriebstörungen. Deshalb ist der einphasige Kurzschluß des dreiphasigen Transformators für die Beurteilung der beiden Transformationsarten ganz besonders wichtig.

Ganz leicht sind die Folgen einphasiger Belastungen, wie groß wir sie auch annehmen, zu übersehen, wenn die Transformation mit drei einphasigen Transformatoren bewältigt wird und Sternschaltung der erregenden Wicklungen mit Nulleiter vorliegt. Jede der drei Einheiten ist dann sowohl magnetisch als auch elektrisch frei, sie erledigt ihre Aufgabe selbständig. Die amerikanische Transformatorbank braucht demnach keine besonderen Vorkehrungen für den Lichtbetrieb. Der Erdschluß einer Phase verursacht die Abschaltung des betroffenen Transformators. Der einphasige Kurzschluß unterscheidet sich kaum vom dreiphasigen. Es muß damit gerechnet werden, daß der volle Kurzschlußstrom, wie er der normalen Betriebsphasenspannung entspricht, auftreten wird.

Der europäische dreiphasige Transformator, dessen erregende Wicklung im Stern ohne Nulleiter zusammengeschlossen ist, leidet unter einseitigen Belastungen empfindlich. Es läßt sich aber leicht zeigen, daß er dabei nur mit Schwierigkeiten zu kämpfen hat, die wir bereits kennen.

Abb. 7, die den einphasigen Belastungsfall darstellt, erlaubt eine rasche Klärung des Problems. Der Einfachheit halber werde ein Übersetzungsverhältnis 1 : 1 angenommen. Dem sekundären Belastungsstrom I entsprechen die primären Phasenströme i_1, i_2 und i_3, die leicht berechnet werden können. In jedem der drei geschlossenen magnetischen Kreise des dreischenkligen Eisenkernes müssen die Belastungsströme einander magnetisch aufheben. Es wird also

$$I - i_1 + i_2 = 0$$
$$I - i_1 + i_3 = 0$$
$$i_2 - i_3 = 0$$

sein. Die Sternschaltung ohne Nulleiter verlangt außerdem, daß

$$i_1 + i_2 + i_3 = 0$$

werde. Sofort ergibt sich:

$$i_1 = \frac{2}{3} I$$
$$i_2 = i_3 = -\frac{I}{3}.$$

Man entdeckt unschwer, daß auf jeder der drei Säulen ein Überschuß von $-\frac{I}{3}$ erregenden Ampere vorhanden ist, obwohl in den Eisenkreisen magnetisches Gleichgewicht herrscht. Unbedingt wird sich ein einphasiger Zusatzfluß ausbilden, der aus allen drei Säulen ins Joch abfließt und sich dann nach Abb. 4 durch die Luft zum anderen Joch schließt. Zusatzspannungen in allen drei Säulen sind unvermeidlich, gleich groß und phasengleich, primär und sekundär. Die Phase der Zusatzspannung hängt ganz vom Phasenwinkel der sekundären Belastung ab.

Abb. 7.

Selbstverständlich verursacht die Zusatzspannung ΔU der einseitigen Belastung eine Verlagerung des Nullpunktes des primären und des sekundären induzierten Spannungssystems. Es handelt sich um dieselbe Erscheinung wie im Leerlauf bei ungleichen magnetischen Widerständen der drei Eisenkernphasen. Dort konnte ein Drittel des Magnetisierungsstromes ein Hundertstel der Phasenspannung als Nullpunktverlagerung aufbringen. Der volle Belastungsstrom ist wohl 20mal stärker als der für die Säule allein notwendige Magnetisierungsstrom. Die volle einphasige Belastung kann somit leicht den Nullpunkt um ein volles Fünftel der Phasenspannung verschieben.

Abb. 8 zeigt, wie das Spannungsystem bei voller induktionsfreier einphasiger Belastung verzerrt wird. Abb. 9 entspricht der vollen induktiven Belastung einer Phase. Sie läßt sehr schön erkennen, wie sich der Transformator der Unsymmetrie zu entziehen sucht, indem er der belasteten Phase die Spannung herunterdrückt.

Für den normalen Betrieb ist natürlich die Nachgiebigkeit des Nullpunktes unannehmbar, auch dann noch, wenn die einseitige Belastung nur ein Viertel der zulässigen Vollast erreichen kann. Im einphasigen Kurzschluß dagegen wäre sie sehr angenehm. Allerdings kann man dem Kurzschluß den normalen Betrieb nicht opfern.

Die Dreieckschaltung der Primärwicklung drosselt auch im Lichtbetrieb den unangenehmen Zusatzfluß der einseitigen Belastung bis auf einen geringfügigen Rest ab. Deshalb schalten wir Lichttransformatoren primär im Dreieck. Auch die Zickzackschaltung der Sekundärwicklung beseitigt die üblen Folgen unsymmetrischer Belastung; beide aber verteuern die Konstruktion.

Wenn die amerikanische Gruppe dreier einphasiger Transformatoren, einphasig belastet, oberspannungseitig ohne Nulleiter arbeiten müßte, könnte sie ebenfalls mit der Dreieckschaltung sehr gut auskommen. Der belastete

einphasige Transformator wäre noch immer magnetisch und elektrisch vollkommen unabhängig. Mit der Sternschaltung jedoch könnte sie überhaupt nicht arbeiten. Es ist wichtig, dies klar nachzuweisen.

Nehmen wir zunächst an, daß sich die sekundäre Belastung eines Phasentransformators von I Amp. nur auf die Primärwicklung desselben Transformators legen würde. Der primäre Strom würde bei einem Übersetzungsverhältnis 1 : 1, das der Einfachheit wegen angenommen werden möge, $-I$ betragen. Aus dem Netz kommend, hätte er bei Sternschaltung ohne Nulleiter keinen anderen Weg als über die Phasenwicklungen der beiden anderen Einphasentransformatoren, die somit primär mit je $I/2$ Amp. belastet wären. Das würde sofort sowohl das elektrische als auch das magnetische Gleichgewicht in den beiden sekundär unbelasteten Transformatoren umwerfen. Der Zustand wäre vollständig unhaltbar und unmöglich. Überhaupt erscheint jede einseitige Belastung der Transformatorengruppe ohne Nulleiter unmöglich. Irgendwie muß sich aber die Gruppe elektrisch einstellen; die Frage ist nur, wie? Zunächst sieht man, daß der Nullpunkt des induzierten Spannungssystems frei ist, wenn der Nulleiter fehlt. Er kann sich beliebig verschieben, immer halten je zwei induzierte Phasenspannungen der je zwei Transformatoren gemeinsam aufgedrückten verketteten Spannung das Gleichgewicht.

satzspannung ΔU muß in allen drei Phasen erwartet werden. Sie wird sogar bei unveränderter Permeabilität im Verhältnis

$$\frac{I}{3\,I_m}$$

größer werden als die ursprüngliche Phasenspannung, wenn I_m der normale Magnetisierungstrom ist. Es muß also mit

$$\Delta U = U_f \frac{I}{3\,I_m}$$

gerechnet werden.

Nur die Höhe der Zusatzspannung allerdings ist damit roh bestimmt; die Phase richtet sich ganz nach dem Phasenwinkel der Belastung. Man findet aber leicht, daß die Abb. 10 die Belastungsverhältnisse vollständig überblicken läßt. Sie ist für den beliebigen Belastungsphasenwinkel φ entworfen.

Sie zeigt jedenfalls, daß

$$I < 3\,I_m$$

werden muß, damit der belastete einphasige Transformator seine Spannung nicht vollständig verliert. Praktisch kommt das somit auf eine vollständige Entspannung des Transformators hinaus, der Nullpunkt des induzierten Spannungssystems verschiebt sich fast bis zum Eckpunkt des aufgedrückten Spannungsdreiecks, in den beiden unbelasteten einphasigen Transformatoren wird fast die volle verkettete Spannung induziert.

Abb. 8.

Abb. 9.

Abb. 10.

Wenn die Belastung in allen drei Transformatoren gleich große und phasengleiche Zusatzspannungen hervorbringt, verschiebt sich, wie wir bereits wissen, der Nullpunkt, aber nur in diesem Falle. Da sich aber die Transformatorengruppe nur mit einer Nullpunktverlagerung helfen kann, wenn sie bei einphasiger Belastung in Sternschaltung ohne Nulleiter primär arbeiten muß, wird sie bestimmt dafür sorgen, daß in allen drei Transformatoren das magnetische Gleichgewicht in genau gleicher Weise gestört sein wird.

Wir können bei der ursprünglichen Annahme bleiben, also annehmen, daß der belastete Transformator primär den vollen Gegenstrom $-I$ aus dem Netze zieht. Wir müssen aber noch die weitere Annahme machen, daß er einen Ausgleichstrom $\frac{I}{3}$ dazunimmt, den er ebenfalls je zur Hälfte über die beiden Primärwicklungen der anderen zwei Transformatoren abgibt. So ergibt sich folgendes Belastungsbild:

	$-I$	$+\frac{I}{2}$	$+\frac{I}{2}$
	$+\frac{I}{3}$	$-\frac{I}{6}$	$-\frac{I}{6}$
Ergebnis:	$-\frac{2}{3}I$	$+\frac{I}{3}$	$+\frac{I}{3}$

Nun werden die drei magnetischen Kreise der drei Phasentransformatoren tatsächlich in gleicher Weise gestört. Die Durchflutungen beider Wicklungen der Transformatoren ergeben nämlich die Belastungsüberschüsse:

primär	$-\frac{2}{3}I$	$+\frac{I}{3}$	$+\frac{I}{3}$
sekundär	$+I$	0	0
Ergebnis:	$+\frac{I}{3}$	$+\frac{I}{3}$	$+\frac{I}{3}$

Natürlich drohen die überschüssigen Belastungsdurchflutungen mit sehr kräftigen Zusatzkraftflüssen, die einen bequemen Weg im Eisen vor sich haben. Eine starke Zu-

Es ist vollständig klar, daß die amerikanische dreiphasige Transformation mit der Sternschaltung ohne Nulleiter nicht arbeiten kann. Der Nullpunkt ist zu beweglich. Das ist wohl die Erklärung für die Energie, mit der die Amerikaner alle Nullpunkte fest verankern, indem sie sie verläßlich erden.

V.

Der europäische dreiphasige Transformator verträgt den Nulleiter zwischen seiner erregenden, im Stern geschalteten Wicklung und dem ihn speisenden Generator schlecht. In einem Vortrag konnte der Verfasser im Wiener Elektrotechnischen Verein[2] dies nachweisen. In knappen Worten möge hier die Begründung wiedergegeben werden.

In der Phasenspannung des Generators finden wir in den meisten Fällen eine beachtenswerte Oberwelle dreifacher Frequenz. Der Phasenwicklung des Transformators aufgedrückt, verursacht sie eine Oberwelle des arbeitenden Kraftflusses dreifacher Periodenzahl.

Nun sind die entstehenden Phasenkraftfluß-Oberwellen dreifacher Frequenz untereinander phasengleich, weil die Grundwellen um je 120° phasenverschoben sein müssen. Die drei Kraftfluß-Oberwellen finden daher den magnetischen Nullpunkt des dreiphasigen Transformators versperrt.

Den Amerikanern bereiten Spannungsoberwellen keine Schwierigkeiten. Jede Transformatorphase ist doch in ihrer Bauart magnetisch selbständig. Jede Kraftfluß-Oberwelle findet ihren bequemen Weg im Eisen, die dritte ebenso wie die fünfte.

Unser dreiphasiger Transformator bietet den Kraftfluß-Oberwellen dreifacher Frequenz nur den unbequemen Luftweg nach Abb. 4. Die Folge davon ist, daß sehr starke Oberwellen dreifacher Periodenzahl die Magnetisierungsströme verunstalten müssen. Es kann ganz leicht vorkommen, daß die dritte Oberwelle des Magnetisierungsstroms erheblich höher wird als seine Grundwelle. Die Magnetisierungskurve des Eisens hilft außerdem zuweilen mit. So entstehen Magnetisierungsströme abenteuerlicher Gestalt. Das

[2] El. u. Maschinenb. Bd. 49, S. 61 (1931).

Schlimme daran ist, daß sich im Nulleiter die Oberwellen dreifacher Periodenzahl glatt addieren. Der Nulleiterstrom der erregenden Wicklung kann ganz unzulässig anwachsen. Er erreicht ganz leicht die Stärke des normal in Nulleitern erwarteten Belastungsstromes, er kann ihn auch übersteigen.

Der große magnetische Widerstand des Luftweges, auf den der Kraftfluß dreifacher Frequenz nach Abb. 4 geworfen wird, ist ein Hindernis, das offenbar in der Idee unseres dreiphasigen Eisenkernes nicht berücksichtigt erscheint. Daß dieses Hindernis so lange unbemerkt bestehen konnte, ist leicht erklärlich. Wir pflegten unseren dreiphasigen Transformatoren immer nur die verketteten Generatorspannungen aufzudrücken, weil wir eben den Nullpunkt der Generatorwicklung mit dem Nullpunkt der Transformatorwicklung nicht verbinden wollten. In den verketteten Spannungen, die doch aus Differenzen je zweier Phasenspannungen bestehen, verschwinden aber die untereinander phasengleichen Spannungsoberwellen dreifacher Frequenz. Nur scheinbar lauert auf unseren dreiphasigen Transformator die Gefahr der Spannungsoberwellen dreifacher Periodenzahl auch noch in der Form, daß die verkettete Generatorspannung selbst durch sie verunstaltet wird, z. B. dann, wenn die Generatorwicklung im Dreieck zusammengeschlossen wird. Man überzeugt sich aber leicht, daß im Generatorwicklungsdreieck die sich addierenden drei Spannungsoberwellen von den inneren Widerständen restlos aufgezehrt werden. Sie können nach außen nicht zur Geltung kommen.

Die merkwürdige, bisher wenig beachtete Erscheinung des von Oberwellen dreifacher Frequenz unmäßig verunstalteten Magnetisierungsstromes, wie sie bei europäischen dreiphasigen Transformatoren auftreten muß, wenn ein Nulleiter den Transformator mit seinem Generator verbindet, ist wohl nicht so unangenehm, wie das oben beschriebene Verschieben des Spannungsnullpunktes bei einphasigen Belastungen der amerikanischen Transformatorengruppe. Sie ist aber unangenehm genug, um den europäischen dreiphasigen Transformator dem amerikanischen unterlegen zu zeigen, wenn die Sternschaltung mit Nulleiter notwendig wird.

Unverkennbar steigt aus unseren Untersuchungen mit wachsender Deutlichkeit die Tatsache heraus, daß die europäische Bauart dem Nulleiter ausweichen muß, während die amerikanische an ihm festzuhalten verurteilt ist. Es gibt offenbar nur zwei gangbare Wege: magnetischer und elektrischer Schaltungszwang oder magnetische und elektrische Freiheit.

VI.

Wo steckt die eigentliche Wurzel der innigen Gebundenheit elektrischer und magnetischer Freiheit bzw. elektrischer und magnetischer Unfreiheit? Warum ist der Nulleiter der amerikanischen dreiphasigen Transformation von vornherein notwendig, der europäischen dagegen lästig?

Es ist ein großer Unterschied zwischen der Transformation der verketteten und der Transformation der Phasenspannungen im dreiphasigen System. Dieser Unterschied erklärt alles, dieser Unterschied schreibt die Transformationsweise vor.

Die drei verketteten Spannungen des dreiphasigen Systems geben immer die Summe Null, ihre Vektoren bilden immer ein geschlossenes Dreieck. Die drei Phasenspannungen dagegen brauchen nicht die Summe Null zu geben, der Nullpunkt kann irgendwo im Spannungsdreieck liegen. Nur wenn er mit dem Schwerpunkt des Dreiecks zusammenfällt, addieren sich auch die drei Phasenspannungen zu Null.

Klar folgt daraus, daß die Transformation der Phasenspannungen Phasenkraftflüsse erzwingt, die nicht die Summe Null zu liefern brauchen. Die europäische Bauart des dreiphasigen Transformators rechnet aber mit ihr. Sie muß deshalb versagen, wenn ihr der Nulleiter den Spannungsnullpunkt nicht in den Schwerpunkt des aufgedrückten Spannungsdreiecks preßt. Der Nulleiter gibt nur scheinbar die volle elektrische Freiheit, in Wirklichkeit zwingt er. Logisch ist demnach die Freizügigkeit der Phasenkraftflüsse der amerikanischen Transformation mit der Festlegung des Spannungsnullpunktes verbunden. Ebenso logisch fordert aber auch der europäische dreiphasige Transformator mit seinem gebundenen magnetischen System die Freiheit des Spannungsnullpunktes.

Die dritte Oberwelle der aufgedrückten Phasenspannung unterstreicht noch den Zusammenhang zwischen dem elektrischen und dem magnetischen Nulleiter. Sobald sie transformiert werden muß, braucht sie in jeder Phase einen geschlossenen Eisenweg. In der verketteten Spannung kommt sie nicht zum Vorschein. Nur die Transformation der verketteten Spannungen kommt demnach ohne magnetischen Nulleiter aus.

Stromunsymmetrien, herrührend von Belastungsunsymmetrien oder von Ungleichheiten der magnetischen Phasenwiderstände, erzwingen immer, wie wir gesehen haben, zusätzliche Kraftflüsse, die für alle drei Phasen gleich groß und untereinander phasengleich sind. Es ist aber nicht einerlei, ob die Größe der Zusatzflüsse erzwungen wird oder die Stärke der sie erregenden Durchflutungen.

Im ersten Falle ist die europäische Bauart unbeholfen, weil sie dem einphasigen Zusatzfluß den beschwerlichen Luftweg vorschreibt. Sie braucht deshalb außerordentlich starke zusätzliche erregende Durchflutungen. Das zeigt sich bei der Tranformation der dritten Oberwelle der aufgedrückten Phasenspannung oder bei vorgeschriebenem Spannungsnullpunkt mit unsymmetrischen Phasenspannungen, die nicht die Summe Null geben. In beiden Fällen liegt am Nulleiter die Schuld. Die amerikanische Bauart hat dagegen mit vorgeschriebenen Zusatzflüssen keine Schwierigkeiten. Sie hält für sie den bequemen Weg im Eisen bereit. Der elektrische Nulleiter liegt ihr.

Im zweiten Falle, wenn also die Stärke der Zusatzdurchflutungen vorgeschrieben ist, kommt die europäische Bauart besser durch als die amerikanische. Die Zusatzdurchflutungen sind immer eine unangenehme Beigabe des Betriebs, Folgen von unerwünschten Betriebsunsymmetrien. Nur ungern wird man sich mit ihren magnetischen Folgeerscheinungen befreunden. Es ist uns recht, wenn ihnen die europäische Bauart starke magnetische Widerstände im Luftweg vorlegt.

Deshalb vertragen wir die magnetischen Unsymmetrien des europäischen dreiphasigen Transformators ganz gut, die, wie wir gesehen haben, zusätzliche Durchflutungen erzwingen, wenn der Nulleiter fehlt. Der amerikanische dreiphasige Transformator würde es weit schwerer haben, wenn er bei fehlendem Nulleiter ungleiche magnetische Phasenwiderstände bekäme. Deshalb werden wir mit einseitigen Belastungen ohne primären Nulleiter leicht fertig, obwohl sehr starke Überschußerregungen entstehen, während ihnen die Amerikaner hoffnungslos erliegen würden.

Es ist vollständig klar, daß der elektrische Nulleiter der erregenden Wicklung nicht einfach ein Bestandteil des Netzes, der Fernleitung ist. Man kann über die Frage, ob man alle Nullpunkte der Anlage erdet oder nicht, nicht einfach nur vom Standpunkt des Fernleitungsbetriebs aus verhandeln. Ohne Transformation gibt es keine Fernleitungen, und die Transformation ist, wie wir gesehen haben, in hohem Grade von der Behandlung des Spannungsnullpunktes abhängig.

Wir werden die Amerikaner nie überzeugen, daß die unmittelbare Erdung der Nullpunkte schlecht ist, weil jeder Erdschluß gleichbedeutend mit dem Kurzschluß der betroffenen Phase ist. Die Amerikaner wiederum finden bei uns taube Ohren, wenn sie vom Spannungsanstieg beim Erdschluß von der Phasenspannung zur verketteten Spannung sprechen. Umsonst weisen wir auf die unleugbaren Vorzüge der kompensierten Erdung hin. Die Einigung in der Erdungsfrage setzt die Einigung in der Transformationsfrage voraus.

Ist es nun wirklich unmöglich nachzuweisen, daß die beiden dreiphasigen Transformationsarten nicht gleichwertig sind? Führt der Vergleich der europäischen Transformationsart mit der amerikanischen zu keinem klaren Ergebnis? Man kann nicht leugnen, daß in den letzten Jahren die wirtschaftlichen Gesichtspunkte im Transformatorenbau stärker zur Geltung kommen. Die Energieverluste des Transformators spielen eine immer stärker werdende Rolle. Sie sprechen mehr und mehr für unsere Bauart des dreiphasigen Transformators. Anderseits ist es wohl unzweifelhaft, daß unsere Transformation erheblich leichter den Nulleiter vertragen kann, als ihn die amerikanische entbehren könnte. Die amerikanische Transformatorenbank ist ohne Nulleiter einfach unmöglich, unser dreiphasiger Transformator kann mit ihm zur Not arbeiten. Entscheidend müßte aber doch wohl die Tatsache werden, daß wir doch immer den Nulleiter zwischen dem Generator und dem ersten Fernleitungstransformator weglassen können. Auf diese Weise können wir immer die Verlagerung des Spannungsnullpunktes im Generator und die dritte Oberwelle seiner Phasenspannung unschädlich machen. Die weiteren Transformationen der Anlagen

können dann mit dem Nullpunkt ziemlich frei verfahren. Unmittelbare Erdung verbietet sich dann nicht mehr, die kompensierte Erdung ist immer möglich. Wenn wir wollen, brauchen wir überhaupt nicht zu erden.

Wir sind doch freier. Wir können den lästigen Erdschluß erfolgreicher bekämpfen. Wir transformieren doch besser. Es ist nicht ausgeschlossen, daß die Amerikaner mit der Zeit der Erdschlußfrage doch eine größere Bedeutung geben werden. Wenn sie aber den Nulleiter ausrotten werden, wird der europäische dreiphasige Transformator siegreich in Amerika einziehen.

(Die Besprechung dieses Vortrages folgt auf S. 1531 des Heftes.)

Praktische Berechnung von Kurzschlußströmen in mehrfach gespeisten Netzen*.

Von **Franz Ollendorff**, Berlin.

(Fortsetzung von S. 1491.)

Zur Prüfung unserer Ergebnisse führen wir nunmehr die graphische Berechnung durch. Die Magnetisierungskurven der drei Generatoren sind in den Abb. 5, 6 und 7 samt ihren Potierschen Dreiecken dargestellt. Wir können demnach, ohne auf die Formel zurückgreifen zu brauchen, die relativen Erregerströme leicht unmittelbar konstruieren, indem wir jeden Generator mit seiner Nennleistung bei $\cos\varphi = 0{,}7$ vorbelastet annehmen. Auf diesem Wege finden wir die relativen Erregerströme für

$$\text{Generator } I\colon v_{0I} = 3{,}28,$$
$$\text{Generator } II\colon v_{0II} = 2{,}88,$$
$$\text{Generator } III\colon v_{0III} = 2{,}54,$$

deren Mittelwert 2,90 um etwa 8 % von dem oben berechneten Wert abweicht. Man überzeugt sich an Hand der magnetischen Charakteristiken leicht, daß diesen Anfangserregungen nicht genau gleiche elektromotorische Kräfte entsprechen; doch ist dies natürlich für die Parallelschaltung der äußeren Charakteristiken belanglos. Diese äußeren Charakteristiken selbst sind nun nach dem oben beschriebenen Verfahren für den zwei- und dreipoligen Kurzschluß konstruiert und in den Abb. 8, 9 und 10 dargestellt worden. Ihre Vereinigung zur äußeren Charakteristik des Ersatzgenerators zeigt Abb. 11; dort sind gleichzeitig die Belastungsgeraden des Netzes entsprechend den Gl. (15a) und (15b) für die vier verschiedenen Kurzschlußfälle nach Zahlentafel 3 eingetragen. Aus dem Schnitt der Belastungsgeraden mit den äußeren Charakteristiken des Ersatzgenerators können die Dauerkurzschlußströme für zwei- und dreipoligen Kurzschluß abgegriffen werden. Das Ergebnis ist zum Zweck eines Vergleiches in der folgenden Zahlentafel 5 zusammengestellt; indem wir die graphisch gefundenen Kurzschlußströme als exakt betrachten dürfen, ergibt sich aus dem Vergleich mit den analytisch ermittelten Werten sofort der Fehler der rechnerischen Methode.

Abb. 8. Generator *I*; äußere Charakteristik.

Abb. 9. Generator *II*; äußere Charakteristik.

Abb. 10. Generator *III*; äußere Charakteristik.

Abb. 11. Äußere Charakteristik des Ersatzgenerators.

Zahlentafel 5. Dauerkurzschlußströme des Einfachkraftwerkes nach graphischem und rechnerischem Verfahren.

Kurzschlußpunkt	Kurzschlußart	numerische Kurzschlußentfernung	Dauerkurzschlußstrom, graphisch ermittelt A	rechnerischer Wert des Dauerkurzschlußstromes A	Fehler der Rechnung gegen den genauen Wert der graph. Methode
a	dreipolig	1	17 000	15 800	−7,1%
	zweipolig		25 400	22 700	−6,7%
b	dreipolig	2,11	14 200	13 000	−8,5%
	zweipolig		16 300	16 500	+1 %
c	dreipolig	5,47	7 800	7 500	−3,9%
	zweipolig		7 200	7 100	−1,4%
d	dreipolig	10,00	4 500	4 460	−0,9%
	zweipolig		4 100	4 100	0 %

Man erkennt hieraus, daß die Fehler der Rechnung stets unterhalb 10 % liegen; dies ist gerade die Genauigkeit, die bei Benutzung der Einheitscharakteristik ohnedies nicht erhöht werden kann, da diese Charakteristik mit der gleichen Toleranz behaftet ist.

Da die graphische Methode uns neben dem Gesamtkurzschlußstrom auch die Anteile der einzelnen Generatoren angibt, können wir die Verteilung des Stromes für jeden Kurzschlußfall angeben. Das Ergebnis enthält die folgende Zahlentafel.

---

* Dieser Aufsatz bildet den Schluß der Aufsatzreihe über die Herleitung der Kurzschluß-Berechnungsmethode des VDE (vgl. ETZ 1930, S. 193). Vorhergehende Aufsätze: ETZ 1930, S. 194, 238, 269, 926, 999.

Zahlentafel 6. Dauerkurzschlußströme der Einzelgeneratoren, graphisch ermittelt.

Kurzschlußpunkt	Kurzschlußart	numerische Kurzschlußentfernung	Generator *I*		Generator *II*		Generator *III*	
			Kurzschlußstrom	Stromanteil	Kurzschlußstrom	Stromanteil	Kurzschlußstrom	Stromanteil
a	dreipolig	1	12 500	73,5%	2 600	15,3%	1 900	11,2%
	zweipolig		18 600	73,4%	4 220	16,6%	2 580	10,0%
b	dreipolig	2,11	10 500	74 %	2 210	15,6%	1 490	10,4%
	zweipolig		11 500	70,5%	3 240	19,8%	1 560	9,7%
c	dreipolig	5,47	5 500	70,5%	1 560	20,0%	740	9,5%
	zweipolig		4 750	66 %	1 810	25 %	640	9,0%
d	dreipolig	10,00	3 010	67 %	1 090	24,2%	400	8,8%
	zweipolig		2 650	64,5%	1 130	27,5%	320	8,0%
Mittelwert der Stromanteile			—	69,8%	—	20,5%	—	9,7%

Man erkennt hieraus, daß der Mittelwert des Verteilungsverhältnisses nach der graphischen Methode mit den früher berechneten Werten einigermaßen übereinstimmt. Immerhin treten, namentlich bei den kleineren Maschinen *II* und *III* mit wachsender numerischer Kurzschlußentfernung bedeutende Änderungen der relativen Stromanteile auf. Die graphische Methode ist also bezüglich der Kenntnis der Einzelströme dem analytischen Verfahren überlegen; dies rührt daher, daß die graphische Behandlung sich der Ermittlung der Einzelströme in den Maschinen stark verschiedener Leistung durch Wahl geeigneter Zeichenmaßstäbe anpassen kann, während die analytische Rechnung naturgemäß die Ströme der kleineren Generatoren ungenauer liefert. Für die Zwecke der praktischen Berechnung von Dauerkurzschlußströmen hat jedoch dieser Nachteil des analytischen Verfahrens keine große Bedeutung, da in der Regel nur der gesamte Kurzschlußstrom interessiert.

5. Das Kurzschluß-Ersatzbild mehrfach gespeister Netze.

Nachdem wir durch die vorangehende Zahlenrechnung erwiesen haben, daß man jedes Einfachkraftwerk durch einen einzigen Ersatzgenerator in seinen Kurzschlußeigenschaften genau genug darstellen kann, gehen wir jetzt zur Berechnung der Dauerkurzschlußströme in mehrfach gespeisten Netzen über. Für die Kurzschlußberechnung ist es zweckmäßig, die wichtigsten Netzarten hinsichtlich der Lage des Kurzschlusses zu klassifizieren[3].

Die einfachsten Verhältnisse liegen vor, wenn die Kupplung zwischen den einzelnen Kraftwerken durch den Kurzschluß aufgehoben wird; wir sprechen in diesem Falle von getrennter Speisung des Kurzschlusses.

In Abb. 12 ist ein derartiger Kurzschluß mit getrennter Speisung für ein Netz dargestellt, das zwei einfach gekuppelte Zentralen enthält. Man erhält hierbei den gesamten Kurzschlußstrom als Summe der Kurzschlußströme, welche beide Zentralen unabhängig voneinander nach dem Kurzschlußort entsenden. Für die Berechnung dieser beiden Anteile gelten daher die früher entwickelten Verfahren zur Berechnung des Dauerkurzschlußstromes einfach gespeister Netze, so daß die Aufgabe der Kurzschlußstrom-Berechnung als gelöst gelten kann. Allerdings ist bei dieser Schlußweise vorausgesetzt, daß die Kraftwerke auch nach Kurzschlußeintritt synchron laufen; andernfalls treten zwischen den verschiedenen Anteilen des Gesamtstromes am Kurzschlußort Interferenzen auf, die wir indes nicht näher beachten wollen.

Der einfache Begriff der getrennten Kurzschlußspeisung läßt sich sogleich auf ein unvermaschtes Netz übertragen, in dem beliebig viele Zentralen getrennt auf einen Kurzschluß arbeiten; dagegen hat man zu beachten, daß er, streng genommen, auf den dreipoligen Kurzschluß beschränkt ist, denn beim zweipoligen Kurzschluß bleiben die durch den Kurzschluß teilweise voneinander geschiedenen Netzteile über die gesunde Phasenleitung gekuppelt. Wir wollen jedoch auf diese Feinheit nicht eingehen, da sie für die Größe der zweipoligen Dauerkurzschlußströme praktisch bedeutungslos ist; wir nehmen also an, daß die gesunde Phasenleitung am Kurzschlußorte keinen Kurzschlußstrom-Anteil führt.

Durch diese Vereinfachung können wir für den drei- und zweipoligen Kurzschluß mit getrennter Speisung den einheitlichen Begriff der Netzreaktanz und der numerischen Kurzschlußentfernung beibehalten; nur muß diese Größe natürlich für jede Zentrale gesondert bestimmt werden.

In den meisten Fällen wird jedoch die Kupplung der verschiedenen Zentralen eines Netzes durch den Kurzschluß nicht aufgehoben, so daß das vorgenannte einfache Rechenverfahren versagt. Wir wollen einen derartigen Fall als vereinigte Speisung des Kurzschlusses kennzeichnen.

Abb. 12. Getrennte Kurzschlußspeisung.

Abb. 13. Doppeltgespeister Kurzschluß.

In Abb. 13 ist ein „doppeltgespeister Kurzschluß“ dargestellt. Die Kurzschlußstrom-Anteile beider Zentralen vereinigen sich schon vor der Kurzschlußstelle; die am Vereinigungspunkt auftretende Spannung bewirkt die Kupplung der Kraftwerke. Abb. 14 zeigt den Kurzschluß in einem einfachen Ringnetz. Hierbei strömen die Kurzschlußströme zwar auf verschiedenen Wegen von den Zentralen zum Fehlerort, aber die Kraftwerke bleiben über den gesunden Teil des Ringes gekuppelt, so daß dieser Ausgleichströme führt. Auf derartige einfache Bilder lassen sich grundsätzlich alle Arten des Kurzschlusses in verwickelten Netzen zurückführen. Wir gehen hierauf nicht näher ein, sondern wollen sogleich den allgemeinsten Fall eines solchen Netzes untersuchen.

Wir gehen von dem Betriebszustand des Netzes vor Kurzschlußeintritt aus; dabei denken wir uns die verschiedenen Netzteile sämtlich auf gleiche Nennspannung umgerechnet. In diesem Falle führt das ganze Netz praktisch die gleiche Spannung, sofern wir alle Spannungsabfälle der Belastungströme als unwesentlich außer acht lassen. Bei Eintritt des Kurzschlusses sinkt die Spannung zwischen den betroffenen Phasenleitungen auf Null. Um diesen Vorgang rechnerisch einfach zu beherrschen, wollen wir zunächst die magnetische Sättigung der Generatoren vernachlässigen. Das Netzsystem erhält dann lineare Betriebsgleichungen, so daß sich die Kurzschlußströme den normalen Belastungströmen ungestört überlagern. Da die Belastungströme für uns an dieser Stelle ohne Interesse sind, dürfen wir uns auf die Berechnung des überlagerten Systems der Kurzschlußströme beschränken; diese dürfen wir dann als Folge einer Spannung U' deuten, die am Kurzschlußort auf das im übrigen spannungslose Netz arbeitet und der Spannung U des gesunden Netzzustandes am gleichen Ort entgegengesetzt gleich ist.

Wir wollen diese Überlegung auf den Fall des dreipoligen Kurzschlusses anwenden. Da die Generatorsättigung vernachlässigt wurde, ist jeder Generator durch die Größe seiner Streu- und Ankerreaktanz je Phasenwicklung hinreichend beschrieben. Wir erhalten demnach zur Berechnung der Dauerkurzschlußströme aus dem System nach Abb. 14 die vereinfachte Abb. 15, welche wir als Ersatzbild des Kurzschlusses bezeichnen. Da in ihm sämtliche Generatoren spannungslos zu denken sind, entsteht es also aus dem vorgegebenen System durch Vertauschung der Speisepunkte mit den Kurzschlußorten; man erkennt hierin einen Sonderfall eines bekannten und häufig benutzten Reziprozitätssatzes für lineare Systeme.

6. Die numerische Betriebs-Kurzschlußentfernung.

Das Ersatzbild des Kurzschlusses ist, da es nur eine Energiequelle (am Fehlerorte) besitzt, viel einfacher zu behandeln als das ursprünglich vorgegebene Netz; wir zeigen dies, indem wir zunächst die Kurzschlußströme der ungesättigt gedachten Maschinen für den dreipoligen Kurzschluß ermitteln.

Das gesamte Netz bildet zusammen mit den Streu- und Ankerreaktanzen der Generatoren ein lineares Netzwerk. Auf dieses sind die Kirchhoffschen Sätze anwendbar, welche es — wenigstens grundsätzlich — gestatten, den Strom an irgendeinem Ort des Netzwerkes zu berechnen. Da wir den Fall des dreipoligen Kurzschlusses voraussetzen, können wir die Untersuchung auf eine Phasenleitung beschränken. Man erkennt dann, daß insbesondere die Ströme i_I, i_{II}, i_{III}, ..., welche von U' in die Generatorzweige der Zentralen *I*, *II*, *III*, ... zurückgespeist werden, dieser Span-

[3] Vgl. hierzu R. Rüdenberg, Relais und Schutzschaltungen in elektrischen Kraftwerken und Netzen, S. 46. Verlag Julius Springer, Berlin 1929.

nung selbst proportional sind. Diese Ströme sind also, wenn U'_{ph} die überlagerte Phasenspannung am Kurzschlußorte bezeichnet, von der Form

$$i_I = \frac{U'_{ph}}{x_I};\quad i_{II} = \frac{U'_{ph}}{x_{II}};\quad i_{III} = \frac{U'_{ph}}{x_{III}};\ \ldots \tag{16}$$

Anderseits würde man in einem einfach gespeisten Netz mit der Netzreaktanz x_n und den Generatorreaktanzen x_s und x_a unter sonst gleichen Bedingungen den Strom finden

$$I = \frac{U'_{ph}}{x_a + x_s + x_n}. \tag{17}$$

Wir betonen die ähnliche Form der Gl. (16) und (17) durch die Schreibweise

$$\left.\begin{aligned} i_I &= \frac{U'_{ph}}{x_{a_I} + x_{s_I} + x_{n_I}};\quad i_{II} = \frac{U'_{ph}}{x_{a_{II}} + x_{s_{II}} + x_{n_{II}}};\\ i_{III} &= \frac{U'_{ph}}{x_{a_{III}} + x_{s_{III}} + x_{n_{III}}};\ \ldots \end{aligned}\right\} \tag{16a}$$

Während aber in Gl. (17) die Netzreaktanz eine durch die Lage des Kurzschlußortes von vornherein gegebene Netzkonstante ist, sind die Netzreaktanzen $x_{n_I}; x_{n_{II}}; x_{n_{III}}; \ldots$ nach Gl. (16 a) nur formal erklärt; sie mögen deshalb als B e t r i e b s - N e t z r e a k t a n z e n bezeichnet werden. Wir definieren sie aus dem Vergleich der Gl. (16) und (16 a) durch die Formeln

$$\left.\begin{aligned} x_{n_I} &= x_I - (x_{a_I} + x_{s_I});\quad x_{n_{II}} = x_{II} - (x_{a_{II}} + x_{s_{II}});\\ x_{n_{III}} &= x_{III} - (x_{a_{III}} + x_{s_{III}});\ \ldots \end{aligned}\right\} \tag{18}$$

S i e h ä n g e n h i e r n a c h n i c h t n u r v o n d e r G r ö ß e d e r R e a k t a n z e n d e s e i g e n t l i c h e n N e t z e s a b , s o n d e r n w e r d e n a u ß e r d e m d u r c h d i e i n n e r e n R e a k t a n z e n s ä m t l i c h e r a u f d e n K u r z s c h l u ß a r b e i t e n d e n G e n e r a t o r e n b e e i n f l u ß t.

Der Begriff der Betriebs-Netzreaktanzen nach Gl. (16 a) läßt sich durch die Schaltung nach Abb. 16 veranschaulichen. Dort ist das Netz in soviel Teile zerspalten, wie Einfachkraftwerke vorhanden sind, wobei jedes dieser Einfachkraftwerke über die Betriebs-Netzreaktanz auf den Kurzschluß arbeitet. Hiermit sind wir formal auf den Fall des einfach gespeisten Kurzschlusses zurückgekommen.

Wir verfolgen die genannte Analogie mit dem Einfachkraftwerk, um jetzt rückwärts die Sättigung der Generatoren in die Rechnung einzuführen. Hierzu definieren wir mittels der Netzreaktanzen nach Gl. (18) die n u m e r i s c h e n B e t r i e b s - K u r z s c h l u ß e n t f e r n u n g e n

$$\left.\begin{aligned} a_I &= \frac{x_{s_I} + x_{n_I}}{x_{s_I}};\quad a_{II} = \frac{x_{s_{II}} + x_{n_{II}}}{x_{s_{II}}};\\ a_{III} &= \frac{x_{s_{III}} + x_{n_{III}}}{x_{s_{III}}};\ \ldots \end{aligned}\right\} \tag{19}$$

Für die ungesättigt gedachten Generatoren bestimmt sich der dreipolige Dauerkurzschlußstrom nach der Gleichung

$$\left.\begin{aligned} \overline{I}^{(3)}_{d_I} &= \frac{U}{\sqrt{3}\,(x_{a_I} + x_{s_I} + x_{n_I})};\\ \overline{I}^{(3)}_{d_{II}} &= \frac{U}{\sqrt{3}\,(x_{a_{II}} + x_{s_{II}} + x_{n_{II}})};\ \ldots, \end{aligned}\right\} \tag{20}$$

wobei U die verkettete Spannung der Generatoren bedeutet. Indem wir aus Gl. (19) mittels der früher mitgeteilten Zahlentafeln für die jeweils vorliegende Generatorerregung den Kurzschluß-Sättigungsfaktor k bestimmen, findet sich der wahre Wert des dreipoligen Dauerkurzschlußstromes

$$I^{(3)}_{d_I} = \frac{U}{\sqrt{3}\,(x_{a_I} + x_{s_I} + x_{n_I})}\,k\,(a_{I_3});\quad I^{(3)}_{d_{II}} = \ldots. \tag{21}$$

Ganz ähnlich können wir den z w e i p o l i g e n K u r z s c h l u ß behandeln. Allerdings haben wir durch die Gl. (18) und (19) erst die Betriebskonstanten des Netzes für den dreipoligen Kurzschluß bestimmt; für den zweipoligen Kurzschluß darf man streng genommen in die entsprechenden Formeln nur die halbe Ankerreaktanz der Generatoren einsetzen. Praktisch ist jedoch der Unterschied zwischen beiden Berechnungsarten sehr klein, so daß wir die Werte (18) und (19) einheitlich für den zwei- und dreipoligen Kurzschluß benutzen dürfen. Damit können wir dann die zweipoligen Dauerkurzschlußströme der ungesättigt gedachten Maschinen angeben:

$$\overline{I}^{(2)}_{d_I} = \frac{U}{x_{a_I} + 2\,(x_{s_I} + x_{n_I})};\quad I^{(2)}_{d_2} = \frac{U}{x_{a_{II}} + 2\,(x_{s_{II}} + x_{n_{II}})};\ \ldots \tag{22}$$

und also nach Multiplikation mit dem Kurzschluß-Sättigungsfaktor des zweipoligen Kurzschlusses die wahren Dauerkurzschlußströme:

$$I^{(2)}_{d_I} = \frac{U}{x_{a_I} + 2\,(x_{s_I} + x_{n_I})}\,k\,(a_{I_2});\quad I^{(2)}_{d_{II}} = \ldots. \tag{23}$$

Abb. 14. Kurzschluß im einfachen Ringnetz.

Abb. 15. Ersatzbild des Kurzschlusses.

Abb. 16. Zum Begriff der Betriebs-Netzreaktanz.

Nach diesem Verfahren hat man also stets zwei Rechnungen nacheinander durchzuführen: Die Berechnung der Ströme nach Gl. (16) liefert lediglich die Z e r t e i l u n g d e s N e t z e s n a c h A b b. 16 u n d d a m i t d i e G r ö ß e d e r B e t r i e b s - N e t z r e a k t a n z e n. Unabhängig von dieser ersten Rechnung erfolgt sodann die B e s t i m m u n g d e r w a h r e n D a u e r k u r z s c h l u ß s t r ö m e m i t E i n s c h l u ß d e r G e n e r a t o r s ä t t i g u n g nach den Gl. (21) und (23).

7. Genaue Ermittlung des Dauerkurzschlußstromes in mehrfach gespeisten Netzen.

Das vorstehend entwickelte Verfahren zur Berechnung der Dauerkurzschlußströme in mehrfach gespeisten Netzen ist im mathematischen Sinne nicht streng richtig; denn wir haben zunächst das Überlagerungsprinzip benutzt, um an Hand des so entstandenen Ersatzbildes die Netzreaktanzen für jedes Einfachkraftwerk zu bestimmen, während wir in dem so zerteilten Netz nachträglich die magnetische Sättigung der Generatoren mittels der Sättigungsfaktoren berücksichtigen; damit ist aber die Linearität des Netzes aufgehoben, so daß man das Überlagerungsprinzip nicht anwenden darf. Wir wollen deshalb im folgenden die Dauerkurzschlußströme nach den Gl. (21) und (23) nur in erster Näherung als richtig ansehen und fragen nach Methoden zur Berechnung weiterer Näherungen.

Hierzu denken wir uns zunächst die einzelnen Ströme nach Gl. (21) bzw. (23) entsprechend ihrer Verteilung auf die einzelnen Zweige der Anlage in den Netzplan eingetragen; die Verteilung des Stromes beispielsweise des Einfachkraftwerks I ergibt sich hierbei mittels der Kirchhoffschen Gesetze, indem man den Zentralenstrom I_{d_I} als „eingeprägte Kraft" ansieht und sämtliche anderen Kraftwerke abgeschaltet denkt. Innerhalb des Netzes ist die Überlagerung aller Teilströme, die von den einzelnen Einfachkraftwerken herrühren, natürlich durchaus statthaft; daher kann man aus der Verteilung der einzelnen Zentralenströme sofort die Verteilung des gesamten Stromes im Netz angeben.

Nachdem so der Strom jedes Netzzweiges bestimmt ist, ergibt sich durch Multiplikation mit der zugehörigen Reaktanz der Spannungsabfall dieses Netzzweiges. Durch diese Rechnung gelingt es insbesondere, ausgehend vom Kurzschlußpunkt, die Sammelschienenspannungen der einzelnen Zentralen in der Größe U_I; U_{II}; ... zu ermitteln. Unsere Berechnung wäre exakt richtig, falls man erhielte:

$$\left.\begin{aligned} I^{(3)}_{d_I}\,x_{n_I} &= \frac{U_I}{\sqrt{3}};\ \ldots\\ I^{(2)}_{d_I}\,2\,x_{n_I} &= U_I;\ \ldots \end{aligned}\right\} \tag{24}$$

Im allgemeinen werden diese Gleichungen nicht streng erfüllt sein. Wir kehren daher den Rechnungsgang um, indem wir durch die Gl. (24) die Betriebs-Netzreaktanzen in zweiter Näherung definieren:

$$x'_{n_I} = \frac{U_I}{\sqrt{3}\, I^{(3)}_{d_I}}\,; \quad x'_{n_{II}} = \ldots, \tag{25}$$

wobei wir uns aus den oben genannten Gründen auf den dreipoligen Kurzschluß beschränken. Aus den Werten (25) folgen dann auch die numerischen Kurzschlußentfernungen in zweiter Näherung:

$$a'_I = \frac{x_{s_I} + x'_{n_I}}{x_{s_I}}\,; \ldots \tag{26}$$

Für die Berechnung der Kurzschlußströme behalten wir die Form der Gl. (21) und (23) bei, indem wir dort die Netzreaktanzen durch die Werte (25) ersetzen und die Sättigungsfaktoren für die numerischen Entfernungen (26) bestimmen. Als Ergebnis erhalten wir die Dauerkurzschlußströme in zweiter Näherung.

Dieses Verfahren läßt sich sinngemäß fortsetzen. Es läßt sich zeigen, daß die so gefundenen Näherungswerte der Dauerkurzschlußströme gegen den wahren Wert konvergieren; damit ist nachträglich dieses Verfahren als erster Schritt eines mathematisch strengen Verfahrens der „sukzessiven Approximation" erwiesen. Praktisch allerdings kommt es darauf an, daß das Verfahren hinreichend rasch konvergiert. Wir werden dabei unsere Rechnung dann abbrechen dürfen, wenn zwei aufeinanderfolgende Näherungswerte sich um weniger als einen gewissen, nach den praktischen Bedürfnissen konventionell festgesetzten Bruchteil unterscheiden. Es läßt sich an Hand praktischer Zahlenrechnungen nachweisen, daß man sich hiernach hinreichend genau auf die erste Näherung entsprechend den einfachen Gl. (21) und (23) beschränken kann.

Der Vollständigkeit halber wollen wir erwähnen, daß die hier gestellte Aufgabe, wenigstens im Fall des rein induktiven Kurzschlusses, auch graphisch gelöst werden kann[4]; man hat hierzu nur die Methode der Parallelschaltung der Charakteristiken sinngemäß zu erweitern, indem man die Spannungsabfälle der durchströmten Netzteile durch Zeichnung entsprechender Netzgeraden berücksichtigt. Wir gehen auf diese Methode nicht näher ein, da sie schon bei einigermaßen verwickelten Netzen einen außerordentlichen Arbeitsaufwand erfordert.

8. Berechnung der Kurzschlußströme mittels eines Netzmodelles.

Obwohl der Rechnungsgang zur Vorausbestimmung der Dauerkurzschlußströme mehrfach gespeister Netze relativ einfach zu übersehen ist, stellen sich doch seiner zahlenmäßigen Durchführung außerordentliche Schwierigkeiten entgegen, sobald das Netz nicht ganz einfach gestaltet ist. Denn man muß, um die Betriebs-Netzreaktanzen zu finden, stets die Kirchhoffschen Gleichungen des Netzwerkes lösen, so daß man es in stark vermaschten Netzen mit einem linearen Gleichungssystem mit zahlreichen Unbekannten zu tun hat. Es kommt hinzu, daß man die Kurzschlußberechnung stets für verschiedene Kurzschlußorte entsprechend den wahrscheinlichsten Lagen des Fehlers durchzuführen hat.

Man hat aus diesem Grunde schon frühzeitig versucht, das zu untersuchende Netz in verkleinertem Maßstabe auf ein Modell abzubilden, dessen Kurzschlußströme in einem bestimmten, durch die Modellabmessungen und seine Betriebspannung gegebenen Verhältnis zu den wahren Kurzschlußströmen stehen. Die Hauptschwierigkeit beim Bau solcher Modelle bietet wiederum die richtige Erfassung der gekrümmten Kennlinien der Generatoren. Daher muß man, um hinreichend einfache, praktisch brauchbare Modelle zu erhalten, in der Regel von der Generatorsättigung absehen. Man erhält daher, wie wir früher gezeigt haben, durch Gebrauch solcher Modelle die Kurzschlußströme nur in sehr roher Näherung, so daß die wirklichen Kurzschlußströme oft sehr bedeutend von den so gefundenen abweichen können.

Dieser Nachteil der Netzmodelle läßt sich indes durch ein gemischt experimentell-rechnerisches Verfahren beseitigen. Nachdem wir nämlich gesehen haben, daß man die Betriebs-Netzreaktanzen und die numerischen Entfernungen genau genug aus einem linearen Netzwerk herleiten kann, darf man das Netzmodell mit eben der gleichen Genauigkeit zur Messung der Betriebs-Netzreaktanzen benutzen.

Wir erläutern diesen Gedankengang an Abb. 17, welche die Versuchschaltung eines solchen Modelles darstellt. Die einzelnen Netzzweige sind durch Widerstände (bei Gleichstrom-Netzmodellen) oder Reaktanzen (bei Wechselstrom-Netzmodellen) dargestellt, ebenso die Wechselstromgeneratoren entsprechend ihren inneren Reaktanzen; wegen der Beschränkung auf den dreipoligen Kurzschluß genügt es dabei, nur eine Phasenleitung im Modell darzustellen. Am Kurzschlußorte des Modelles greift eine beliebige Spannung U_{mod} an, deren Größe gemessen wird; gleichzeitig mißt man sämtliche Ströme I_{mod_I}, $I_{\text{mod}_{II}}$ . . ., die in die Generatorzweige des Modelles hineinfließen. Der Quotient der gemessenen Größen ergibt sofort die Betriebs-Netzreaktanzen aus

$$x_{a_I} + x_{s_I} + x_{n_I} = \frac{U_{\text{mod}}}{I_{\text{mod}_I}}\,; \quad x_{a_{II}} + x_{s_{II}} + x_{n_{II}} = \frac{U_{\text{mod}}}{I_{\text{mod}_{II}}}\,; \ldots \tag{27}$$

Hier setzt die analytische Rechnung ein. Aus den Netzreaktanzen nach Gl. (27) und den Generator-Streureaktanzen finden sich für jedes Einfachkraftwerk nach Gl. (19) die numerischen Kurzschlußentfernungen und damit die Kurzschluß-Sättigungsfaktoren des zwei- und dreipoligen Kurzschlusses. Da hiermit die Bestimmungstücke der Gl. (21) und (23) bekannt sind, kann man jetzt die Kurzschlußströme für jedes Kraftwerk einzeln berechnen und entsprechend ihrer Verteilung im Netz zusammensetzen.

Abb. 17. Grundsätzliche Schaltung eines einfachen Netzmodelles.

Man kann jedoch an dieser Stelle auch die experimentelle Untersuchung fortführen. Hierzu schreibe man die Gl. (21) und (23) in der Form

$$\left.\begin{aligned} I^{(3)}_{d_I} &= \frac{U\,k\,(a_{I_3})}{\sqrt{3}\,(x_{a_I} + x_{s_I} + x_{n_I})} = \frac{U^{(3)}_{w_I}}{\sqrt{3}\,(x_{a_I} + x_{s_I} + x_{n_I})}\,; \\ I^{(3)}_{d_{II}} &= \ldots \\ I^{(2)}_{d_I} &= \frac{U\,k\,(a_{I_2})}{x_{a_I} + 2\,(x_{s_{II}} + x_{n_I})} = \frac{U^{(2)}_{w_I}}{x_{a_{II}} + 2\,(x_{s_{II}} + x_{n_I})}\,; \\ I^{(2)}_{d_2} &= \ldots \end{aligned}\right\} \tag{28}$$

Man erkennt hieraus, daß die Sättigung in den Generatoren gleichwertig ersetzt werden kann, indem man von der Spannung U zu den „wirksamen" Spannungen übergeht:

$$\left.\begin{aligned} U^{(3)}_{w_I} &= U\,k\,(a_{I_3})\,; \quad U^{(3)}_{w_{II}} = \ldots \\ U^{(2)}_{w_I} &= U\,k\,(a_{I_2})\,; \quad U^{(2)}_{w_{II}} = \ldots \end{aligned}\right\} \tag{29}$$

Wenn man also mehrere unabhängig regelbare Spannungsquellen zur Verfügung hat, so speise man die einzelnen Einfachkraftwerke des Modelles mit den Spannungen $U^{(3)}_{w_I}$; $U^{(3)}_{w_{II}}$; . . . bzw. $U^{(2)}_{w_I}$; $U^{(2)}_{w_{II}}$; . . . und erhält dann beim Kurzschluß im Modell die richtige Größe der Kurzschlußströme und ihre Verteilung mit voller Berücksichtigung der gekrümmten Kennlinien der Generatoren. Natürlich hat man bei dieser Messung das Netzmodell für zwei- und dreipoligen Kurzschluß in etwas verschiedener Weise aufzubauen. Untersucht man beispielsweise zuerst den dreipoligen Kurzschluß am einphasig hergestellten Modell nach Abb. 17, so empfiehlt es sich, zur experimentellen Bestimmung des zweipoligen Kurzschlusses alle Ankerreaktanzen im Verhältnis 1 : 2 zu verkleinern. Die dann gemessenen Ströme ergeben nach Multiplikation mit $\sqrt{3}/2$ die zweipoligen Dauerkurzschlußströme im Maßstab der dreipoligen Dauerkurzschlußströme des Modelles.

(Schluß folgt.)

[4] Ruschowy, Siemens-Z. Bd. 7, S. 535 u. 590 (1927).

RUNDSCHAU.

Meßgeräte und Meßverfahren.

Quotientenmesser-Schaltungen zur Messung von Temperaturdifferenzen mit elektrischen Widerstandsthermometern. — Die Messung von Temperaturdifferenzen mit elektrischen Widerstandsthermometern kann bekanntlich nach einer von der Größe der Meßspannung unabhängigen Methode ausgeführt werden, wenn man als Anzeige- oder Schreibgerät einen das Verhältnis zweier Ströme messenden Quotientenmesser, z. B. ein Kreuzspulinstrument[1] oder einen sog. Ringeisen-Quotientenmesser[2] benutzt. Hierbei werden zwei den beiden zu untersuchenden Temperaturen ausgesetzte Widerstandsthermometer den beiden Meßwerkspulen des Quotientenmessers zugeordnet und in eine Stromverzweigung eingefügt, an welche die Meßstromquelle angelegt ist. Beobachtet man bei einer derartigen Quotientenmesser-Schaltung die für eine bestimmte Temperaturdifferenz bei verschieden hohen Einzeltemperaturen sich ergebenden Ausschläge des Quotientenmessers, so zeigt sich, daß der Zeigerausschlag bei steigenden Einzeltemperaturen abnimmt. Es liegen hier also ähnliche Verhältnisse vor wie bei Temperaturdifferenzmessungen nach der Brückenmethode[3].

W. Geyger behandelt zunächst die Wirkungsweise der für Temperaturdifferenzmessungen bisher angewendeten Quotientenmesser-Schaltung mit zwei Widerstandsthermometern und zeigt, auf welche Ursachen die oben erwähnte Abnahme des Zeigerausschlages bei steigenden Einzeltemperaturen zurückzuführen ist. Anschließend wird eine neue Quotientenmesser-Schaltung angegeben, welche ermöglicht, die bei steigenden Einzeltemperaturen auftretende Abnahme des Zeigerausschlages in einem solchen Maße zu vermindern, daß sie sich praktisch kaum bemerkbar macht und nicht mehr störend in Erscheinung tritt. Diese Schaltung unterscheidet sich von der bisher gebräuchlichen lediglich dadurch, daß die beiden Meßwerkspulen des Quotientenmessers durch einen in besonderer Weise temperaturveränderlichen Parallelwiderstand überbrückt sind, der aus zwei gleichartigen, den beiden zu untersuchenden Temperaturen ebenfalls ausgesetzten Widerstandsthermometern (Korrektionsthermometern) sowie aus einem zur Abgleichung der Meßanordnung dienenden temperaturunabhängigen Hilfswiderstand besteht. Es werden die Ergebnisse einiger Messungen mitgeteilt, welche mit der bisher gebräuchlichen und mit der neuen Schaltung unter Verwendung eines durch Wechselstrom gespeisten Ringeisen-Quotientenmessers ausgeführt wurden. Die wiedergegebenen Schaulinien zeigen, daß die neue Schaltung tatsächlich sehr vorteilhaft ist. (W. Geyger, Arch. El. Bd. 25, H. 7, S. 483.)

Neue Anwendungen des Ringeisen-Quotientenmessers. — Im Anschluß an eine frühere Arbeit[2], in der ein neuer Dreheisen-Quotientenmesser für Wechselstrom („Ringeisen-Quotientenmesser") und seine Verwendung in wärmetechnischen Überwachungsanlagen behandelt wurde, beschreibt W. Geyger weitere interessante Anwendungsmöglichkeiten dieses Meßgerätes. Die Kombination des Ringeisen-Meßwerks mit einer in eine Resonanzschaltung eingefügten Prüfdrosselspule führt zu einem neuen Windungsschlußprüfer, der sich durch einfachen Aufbau, hohe Empfindlichkeit und sehr geringen Eigenverbrauch auszeichnet. Ersetzt man bei dieser Schaltung die Prüfdrosselspule durch eine Spule mit verschiebbarem Eisenkern, so ergibt sich eine Anordnung, die (z. B. bei Vorlesungsversuchen) zur Demonstration der elektrischen Resonanz vorzüglich geeignet ist. Schaltet man vor die beiden Meßwerkspulen des Ringeisen-Quotientenmessers zwei Resonanzkreise, die in an sich bekannter Weise auf eine über bzw. unter der Nennfrequenz liegende Frequenz abgestimmt sind, so erhält man einen einfachen, symmetrisch aufgebauten Zeigerfrequenzmesser, dessen Anzeige von Spannungs- und Temperaturschwankungen sowie von der Kurvenform praktisch unabhängig ist. Infolge der hohen Empfindlichkeit eignet sich eine solche Anordnung zum Aufbau eines Frequenzschreibers mit Punktaufzeichnung, die hier zweckmäßig alle 10 s erfolgt. (W. Geyger, Arch. El. Bd. 25, H. 9, S. 655.)

[1] Vgl. Bruger, ETZ 1896, S. 333; 1906, S. 351. Phys. Z. Bd. 7, S. 775 (1906).
[2] Vgl. W. Geyger, Arch. El. Bd. 25, S. 1 (1931), u. ETZ 1931, S. 286.
[3] Vgl. W. Geyger, Arch. El. Bd. 25, S. 476 (1931).

Beleuchtung.

Die Beleuchtung des höchsten Gebäudes der Welt. — Das 394 m hohe „Empire State"-Gebäude in New York besteht aus dem eigentlichen Gebäude, das bis zum 86. Stockwerk reicht, und dem darüber sich erhebenden Turm. Die Beleuchtung ist so angelegt, daß eine architektonisch einheitliche Wirkung des Gesamtbauwerkes erzielt wird. Die Mauern des Gebäudes werden mit Flutlicht angestrahlt, wobei besonderer Wert auf die wirksame Heraushebung der Abschlußornamente für die vertikalen Fensterreihen gelegt ist. Der Sockel des Turmes wird durch die einheitlich beleuchteten Fenster des 86. Stockwerkes und die darüber liegenden, stufenweise abgesetzten Glaspaneele gebildet, die ebenfalls mit Beleuchtungsanlagen ausgestattet sind. Am schwierigsten gestaltete sich die Beleuchtung der 36 m hohen Turmfenster. Für jedes der vier Fenster sind 480 Lampen in vier 36 m langen Reihen von je 120 Lampen vorgesehen. Es sind in je 6,5 m Abstand Zwischenböden eingebaut, die das Auswechseln der Lampen ermöglichen. Die Fensterpfosten bestehen aus Aluminium und Nickel-Chrom-Stahl, das Glas ist zickzackförmig sägezahnartig angeordnet und sandstrahlmattiert. Auf der Spitze des Turmes befinden sich 8 Scheinwerfer, die ihr Licht durch Öffnungen im Dach des Turmes schräg aufwärts werfen. (E. Clute, El. World Bd. 98, S. 106.) *F. Bn.*

Berechnung der mittleren Beleuchtungstärke bei Gegenwart diffus strahlender Oberflächen von gleichmäßiger Leuchtdichte. — V. Genkin geht aus von der Betrachtung des Lichtstromes, den zwei diffus leuchtende Oberflächen sich gegenseitig zustrahlen, und zeigt, daß die Bestimmung der mittleren Beleuchtungstärke in einem parallelepipedischen rechtwinkligen Raum auf die Berechnung eines mittleren geometrischen Abstandes zwischen leuchtenden und beleuchteten Flächen hinausläuft. Die Berechnung dieser mittleren Entfernung wird allgemein durchgeführt und eine Kurvendarstellung gegeben, die das direkte Ablesen eines in die Rechnung einzusetzenden, von den Raumabmessungen abhängigen Faktors gestattet. Ein numerisches Beispiel wird ausgeführt. Es folgt eine Berechnung der Leuchtdichten der Raumwände. Die gefundenen Formeln sind sehr einfach und gestatten leichte und schnelle Durchführung der Rechnung. (V. Genkin, Rev. Gén. de l'El. Bd. 29, S. 369.) *F. Bn.*

Bahnen und Fahrzeuge.

Elektrisierung der Wannseebahn in Berlin. — Der Verwaltungsrat der Deutschen Reichsbahn hat auf Grund des günstigen Ergebnisses der Reichsbahnanleihe[1] u. a. beschlossen, die Wannseebahn zu elektrisieren. Die Reichsbahndirektion Berlin wird daraufhin sofort mit der Ausschreibung der Bauaufträge beginnen. Die Elektrisierung der Wannseebahn bildet den Schlußstein in der Einrichtung des elektrischen Betriebes auf den Berliner Stadt-, Ring- und Vorortbahnen. Auf sie ist in Hinsicht auf die Größe und Bedeutung des Verkehrs dieser südwestlichen Vorortstrecke schon lange gewartet worden. Vorbereitende Arbeiten werden schon seit längerer Zeit durchgeführt. Die Wannseebahn wird an der Kreuzung mit anderen Linien bzw. in neu besiedelten Gebieten drei neue Bahnhöfe erhalten, und in Wannsee, ihrem westlichen Endpunkt, wird ein neuer Abstellbahnhof mit großem Triebwagenschuppen und Werkstätten errichtet werden. Zwecks Versorgung der neuen Linie mit Strom wird in Lichterfelde-West ein Gleichrichterwerk angelegt. Gleichzeitig mit der Wannseebahn wird auch die Strecke Berlin Potsdamer Bahnhof bis Zehlendorf-Mitte der Stammlinie Berlin—Potsdam—Werder für elektrischen Betrieb umgebaut werden. *e*

Das Problem der Schienenverbinder. — H. F. Brown behandelt in einer Arbeit die Entwicklung, Beschreibung und die Eigenschaften verschiedener Schienenverbinder (SV.) und skizziert deren Ausführung unter Begründung der jeweiligen Wahl der betreffenden Typen bei einer Reihe der ersten amerikanischen Eisenbahngesellschaften. Für die Wahl der Konstruktion der Schienenverbinder sind ausschlaggebend: Art der Schiene, deren Unterhaltung, das Schienengewicht, Art der Stoßverbindung, Art des Schienenunterbaues, die spezifische Schienenbelastung, die

[1] Vgl. S. 1536: Aus der Geschäftswelt.

Fahrplandichte, die Zugfrequenz, der Achsdruck, die Stromspitzen in der Schiene usw. Dadurch ergibt sich das Doppelproblem der mechanischen und elektrischen Eigenschaften.

Es wird ein Versuch gemacht, Richtlinien für die Konstruktion der SV. aufzustellen. Die Abhandlung zerfällt in zwei Teile. Der erste Teil bespricht die Entwicklung der verschiedenen SV.-Typen einschließlich Stiftverbindungen, Lötverbinder, Preßverbinder, Keilverbinder, thermische Verbinder mit Schweißverbinder sowie Ersatzmittel für SV. Der zweite Teil beschreibt die gemachten Erfahrungen bei verschiedenen amerikanischen Bahngesellschaften unter Benutzung eines umfangreichen Bildermaterials.

Zusammenfassend wird dargelegt, daß unter der überaus großen Anzahl im Handel befindlicher SV. je nach den Betriebsverhältnissen sich verschiedene Gesichtspunkte ergeben, so daß nicht ohne weiteres einer bestimmten Type der Vorzug gegeben werden kann. Die Ursache der mechanischen Schäden liegt größtenteils in den Ermüdungserscheinungen des Materials, hervorgerufen durch die Schläge am Schienenstoß. Im Prüfstand wurde festgestellt, daß lange Verbinder unter sonst gleichen Erschütterungsbedingungen eine größere Lebensdauer aufweisen. Daher könnte man zu der Annahme neigen, daß lange SV. dauerhafter wären als kurze. Im Betriebe jedoch treten Vibrationen von viel höherer Schwingungszahl auf; welche sich nur schwer künstlich erzeugen lassen. Diese Schwingungen hoher Frequenz sind nun im eigentlichen Betriebe aber sehr oft gerade den langen SV. schädlicher als den kurzen. Die Masse des umgebenden Materials, die physikalischen Eigenschaften, die Trägheit sowie die natürliche Schwingungszahl dieses Materials spielen alle bei der Formgebung der SV. eine wichtige Rolle. Die Lebensdauer sämtlicher SV. wird allgemein durch gute Unterhaltung des Gleises erhöht.

Die Ursache der elektrischen Schäden liegt einzig im veränderlichen Übergangswiderstand zwischen Schienenverbinderkopf und Schiene oder zwischen Verbinder und Kopf. Die geschweißten SV. scheinen also in elektrischer Hinsicht den übrigen Typen überlegen zu sein.

Als Endergebnis der sorgfältigen Studien dieses Problems müssen folgende Anforderungen an einen wirtschaftlichen SV. gestellt werden:

1. Kleiner eigener Widerstand.
2. Dauerhafter Kontakt mit der Schiene zwecks Erreichung eines konstanten Übergangswiderstandes.
3. Bequeme Montagemöglichkeit und leichte Zugänglichkeit.
4. Niedriger Preis.
5. Niedrige Unterhaltungskosten.

Unter Berücksichtigung aller dieser Faktoren scheint sich eine zunehmende Bevorzugung der geschweißten Typen zu ergeben.

Anmerkung des Referenten: Dieses Schlußresultat deckt sich auch mit den gemachten Erfahrungen bei den SBB und anderen schweizerischen Bahnen, wo am Schienenkopf angeschweißte U-förmige flexible Kupferverbinder als Regel im Gebrauch sind. (H. F. Brown, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 49, S. 875.) *H. Z.*

Werkstatt und Baustoffe.

14. Hauptversammlung der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde, 1931. — Die diesjährige Tagung der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde, an der sich auch der Präsident des Londoner Institute of Metals, Dr. Seligman mit Dr. Hatton beteiligten, fand vom 20. bis 22. VI. in Berlin statt. Dem Vorsitzenden der Gesellschaft, Prof. O. Bauer, wurde die Goldene Heyn-Denkmünze verliehen. Als erster Redner sprach A. Eucken über die „Natur des metallischen Zustandes" nach den Ergebnissen neuerer Forschungen. Die eigentliche Grundlage für sämtliche Theorien des metallischen Zustandes ist die Vorstellung, daß in einem Metall leichtbewegliche Elektronen in größerer oder geringerer Anzahl anwesend sind. Heute besteht die Quantentheorie (Wellenmechanik), bei der angenommen wird, daß sich die Elektronen in Wellenbewegungen durch die Atome schlängeln, was aber mit der Elektrizität nichts zu tun hat. Diese Theorie gestattet, die Gesamtheit der Eigenschaften der Metalle widerspruchsfrei zu überblicken, wenn auch die theoretische Erfassung vieler technisch wichtiger Einzeltatsachen auf dem Gebiet der Metallkunde noch großer Arbeit bedarf. Mit gutem Erfolg hat man mit dieser Theorie bereits die Atomwärme, d. h. die spezifische Wärme, den Ferromagnetismus erklärt und hofft, daß dies auch für die elektrische Leitfähigkeit gelingt, wo heute zumal der Streit darum geht, wie sie bei den tiefsten Temperaturen verläuft. Hier wird die Wellentheorie Klärung bringen, wenn auch zusätzliche Widerstände (1. die Wärmebewegung der Atome, 2. die Gitterverzerrung, 3. Fremdatome, die bei den tiefsten Temperaturen sehr ins Gewicht fallen) die Berechnung erschweren. Auffallende Ergebnisse, wie die Lorenzzahl bei den Leichtmetallen, werden sich aufklären lassen.

Im übrigen waren die Verhandlungen auf der Tagung auf die wichtige Frage des Einflusses kleiner Beimengungen auf die Eigenschaften der Metalle eingestellt. Mit Unrecht werden diese schlechtweg als Verunreinigungen bezeichnet, worauf Tammann hinwies. Andererseits nahm man es bisher hin, mit unreinen Stoffen zu arbeiten, so daß hier ein Gebiet vorliegt, dessen Klärung von größter Bedeutung ist. Den einführenden Vortrag hielt W. Fraenkel. Seinen Untersuchungen legte er Beimengungen bis etwa 1 Atomprozent zugrunde, und es zeigte sich, daß die größten Einflüsse dort angetroffen wurden, wo es sich um Eigenschaften handelt, die mit Geschwindigkeitsgrößen zusammenhängen, wie Diffusion, Rekristallisation, chemische Reaktionsgeschwindigkeit bzw. Korrosion. Stark beeinflußt werden durch Beimengungen auch die technologischen Eigenschaften und elektrische wie Leitfähigkeit und Magnetismus. Ein Zusatz von 0,2 % Fe senkt die Leitfähigkeit des Cu auf 60 % der normalen. Sehr geringe Mengen C können den Hysteresisverlust im Eisen stark erhöhen. Im allgemeinen sind die Eigenschaftsänderungen der Metalle durch Fremdstoffe sehr vielgestaltig, so daß eine systematische Darstellung bisher nicht möglich erscheint. Dies gilt ganz besonders für die in den Metallen enthaltenen Gase. Zu diesem Sondergebiet sprachen Sterner-Rainer „Über das Auftreten kleiner Mengen von Gasen und Oxyden im Aluminium und in Aluminiumlegierungen, ihre Feststellung und Beseitigung" und H. Nipper „Gasgehalt in Aluminiumguß-Legierungen". Gase und Oxyde vermindern die Festigkeitseigenschaften der Gußstücke. Die praktisch erforderliche Gas- und Oxydfreiheit ist schwer festzustellen. Mit Vorteil werden neuerdings Gemische verschiedener leichtzersetzlicher Chloride, die einen Zusatz von Bifluoriden erhalten haben, in die Schmelze eingeführt. Die Frage des Zusammenhangs von spezifischem Gewicht, Dichte und Festigkeit ist bei den Gußlegierungen noch nicht geklärt.

O. Dahl berichtete über Untersuchungen mit Eisen-Nickel-Legierungen, die mit mehr als 30 % Nickelgehalt zunehmende Bedeutung wegen ihrer sehr leichten Magnetisierarbeit erlangt haben. Die Anfangspermeabilität beträgt bei 75 % Ni-Gehalt bis 10 000, wird aber nur bei schneller Abkühlung von höherer Temperatur, also nach bestimmter thermischer Behandlung erreicht. Langsame Abkühlung im Ofen führt zu erheblich geringeren Werten. Das Ergebnis kann auch stark durch geringe Zusätze von Mn und Si beeinflußt werden. Die Änderungen im magnetischen Verhalten, des elektrischen Widerstandes und der Festigkeitseigenschaften verlaufen parallel.

Das Röntgenverfahren leistet immer wertvollere Dienste in der Metallforschung, wie die Ausführungen von E. Schiebold zur Klärung von Korrosionsvorgängen an Magnesiumkristallen und die von J. Weerts zu einem neuen Präzisions-Röntgenverfahren zeigten. Bei diesem wird eine „Drehkassette" benutzt, die eine Kreisaufnahme der Schliffläche ermöglicht, was gerade bei grobkörnigem Material sehr wichtig ist. Mit seiner Hilfe können bei der zeitlichen Verfolgung der Zustandsänderungen während des Anlassens abgeschreckter Legierungen wichtige Aufschlüsse gewonnen werden.

Viel Beachtung fand der Vortrag von G. Wassermann „Einfluß von Kaltreckung auf die Plastizität bei erhöhten Temperaturen". Bekannt ist, daß ein harter Wolframdraht schneller fließt als ein weicher. Versuche mit einem harten und ausgeglühten dünnen Kupferdraht ergaben u. a., daß bei 350 ° C der harte Draht 10mal so schnell geflossen war als der weiche. Erst bei 450 ° C traten keine Unterschiede mehr auf. Ähnliches Verhalten zeigte sich bei Aluminiumdrähten. Diese Ergebnisse sind wichtig für die Lampenindustrie, wo es auf hohe Formbeständigkeit bei hohen Temperaturen ankommt und es besser sein kann, weichen Draht statt harten zu wählen. Aber das Ergebnis hat auch allgemeine Bedeutung, da es sich beim Erfordernis hoher Formbeständigkeit empfehlen könnte, Material nicht im harten, sondern weichen Zustande zu verwenden. In der Aussprache machte Rohn Mitteilungen zu gegenwärtigen Versuchen zur Bestimmung der Kriechgrenze bei 10 mm starken Eisendrähten bei verschiedenen Temperaturen unter

konstanter Belastung. Bis 950 ° C ergeben sich für harten und ausgeglühten Draht gleiche Belastungswerte. Bei 1150 ° C trägt der weichgeglühte Draht die dreifache Last wie der harte, so daß die Kriechgrenze des ersteren höher liegt. Der Versuch wird übrigens mit einem elektrisch beheizten Ofen gemacht, den der unten belastete Draht senkrecht durchläuft und gleichzeitig die Beheizung steuert, um die Temperatur zu suchen, bei der kein Kriechen mehr eintritt. Die Anordnung hat den Vorteil, daß der Versuch über sehr lange Zeit ohne jegliche Mühe erstreckt werden kann.

Aus den weiteren zahlreichen Vorträgen sei nur noch auf den von E. Fr. Russ, Köln, „Einiges über das elektrische Glühen von Kupfer und Messing", eingegangen. Das elektrische Glühen von Messing bietet keinerlei Schwierigkeiten. Die Temperaturen von 500 ° ... 750 ° C (neuerdings bis 850 ° C für Durchgangsglühungen) werden sicher mit ± 3 ° C ohne Nachteile für Heizelemente, Ofenausmauerung, Isolation und Ofenkonstruktion erreicht. Die gleichmäßige Wärmeverteilung im elektrischen Ofen verbürgt bei sachgemäßer Lagerung des Guts ein gleichmäßig geglühtes Gut, schnelle Durchwärmung, Verkürzung des Glühvorganges, hohe Leistung. Bestimmte Messingsorten erübrigen nach der Glühung eine Nachbehandlung. Leichte Fahrgestelle aus hitzebeständigen Röhren fördern den Durchgang durch den Ofen. Zwischenwände können bei verschiedenen Werkstofflängen eingezogen werden. Für Bänder bestehen Durchlauföfen, bei denen das Band auf Stützrollen aufliegt, und die hohe Anfangstemperaturen zur schnellen Anheizung gestatten. Für schwere Bänder sind Durchziehöfen in schräger Bauart vorhanden. Die Durchlaufgeschwindigkeit beträgt 0,5 ... 8 m/min, so daß mit jeder Temperatur gearbeitet werden kann. Beim Blankglühen wird das Band in ein elektrisch beheiztes Bad gegeben und dann in die elektrische Trockenvorrichtung. In 24 h können 40 t Messingbänder geglüht werden. Das Glühen von Kupfer, zumal als blankes Gut, ist weitaus schwieriger, auch im Elektroofen. Doch erfüllt dieser alle Anforderungen an die Qualität bzw. an eine saubere, einwandfreie Oberfläche. Die vielseitige Gestaltung der Öfen als Topfglühofen, Muffelofen mit hydraulischer Hebevorrichtung für die Blechpakete, Sonderöfen zum Außen- und Innen-Blankglühen von Cu-Rohren usw. wurden im Bilde gezeigt. Bei den Rohren erfolgt das Glühen in waagerechter Ofenlage, die Abkühlung unter Anwendung von Schutzmitteln in schräger oder senkrechter Ofenanordnung. *Pge.*

Fernmeldetechnik.

Hochfrequenzsteuerung mit Gitterstrom. — Durch Quarzkristall gesteuerte Sender größerer Leistung weisen heute viele Verstärkerstufen auf; denn die Anfangsleistung des Quarzkreises ist gering, sie liegt in der Größenordnung von 1 ... 10 W, und die Leistungsverstärkung in einer Stufe ist begrenzt; man rechnet durchschnittlich 1 : 10. Hierin eine Vereinfachung zu schaffen, ist vor allem für ortsveränderliche Stationen wichtig, denn hier ist es notwendig, an Raum und Gewicht zu sparen, und es stößt hier auf Schwierigkeiten, mehrere Leistungsstufen mit verschieden hohen Spannungen nebeneinander zu betreiben. H. Plendl berichtet über ein neues Prinzip, das eine wesentliche Erhöhung der Leistungsverstärkung gibt und damit eine Vereinfachung von Sendern größerer Leistung mit Steuerung durch Quarzkristall ermöglicht. Das Schaltbild zeigt Abb. 1. In die Gittergleichstromleitung eines rückgekoppelten Röhrensenders wird ein für Hochfrequenz selektiver Widerstand geschaltet, der aus einer Dreielektrodenröhre besteht. Diese Schaltung ist äußerlich ähnlich der bei Gittergleichstrom-Modulation eines Senders angewandten, sie unterscheidet sich aber in der Wirkungsweise grundsätzlich von der letzteren. Das Vorrohr *A* wird in seiner Vorspannung so eingestellt, daß es für den Gitterableitestrom des Hauptrohres *B* einen sehr großen Widerstand darstellt, d. h. also die Schwingung des Hauptrohres *B* blockiert. Drückt man nun dem Gitter des Vorrohres eine Hochfrequenzspannung auf, so wird die Blockierung des Hauptrohres für diese Frequenz aufgehoben, d. h. das Hauptrohr kann dann in der Steuerfrequenz schwingen.

Die Gitterstrom-Hochfrequenzsteuerung arbeitet mit den beim selbsterregten und fremdgesteuerten Sender unterdrückten Pulsationen des Gitterableitestromes. Der Witz der Gitterstromsteuerung ist der, daß die zu verstärkende Hochfrequenzleistung die in gleicher Frequenz erfolgenden Pulsationen des Gitterableitestromes vom Hauptsender steuert. In der Arbeit wird nun die Wirkungsweise der Hochfrequenzsteuerung mit Gitterstrom ausgehend vom selbsterregten Sender erläutert und der Spannungs- und Stromverlauf für beide Fälle besprochen. Das Verhalten der Gitterstrom-Hochfrequenzsteuerung wird bei verschiedenen Betriebszuständen untersucht. Zu diesem Zweck werden Resonanzkurven und Steuerkurven gezeigt, und an Hand derselben wird der Einfluß von verschiedenen Hilfsveränderlichen, wie Gitterwechselspannung, Gittervorspannung, Rückkopplung, Steuersender-Ankopplung, Anodengleichspannung, auf die Nutzleistung untersucht. Zum Schluß wird noch der Vergleich mit dem selbsterregten Sender in bezug auf Wirkungsgrad und Leistungsabgabe vorgenommen.

Abb. 1. Hochfrequenzsteuerung mit Gitterstrom.

Es ergibt sich, daß die Gitterstrom-Hochfrequenzsteuerung eine frequenzstabile Hochfrequenz liefert, welche bei Steuerung durch Quarzkristall unempfindlich ist gegen Erschütterungen. Gegenüber dem normalen fremdgesteuerten Kaskadensender kommt man bei gleicher Endleistung etwa mit der halben Stufenzahl aus, spart also entsprechend an Gewicht, Raum und an verschieden hohen Betriebsspannungen. U. U. könnte sich allerdings die größere Abstimmschärfe beim gitterstromgesteuerten Sender nachteilig bemerkbar machen. (H. Plendl, Z. Techn. Phys. Bd. 10. S. 500.) *Sb.*

Verschiedenes.

Elektrotechnische Neuerungen. Die in der ersten Märzwoche 1932 im Hause der Elektrotechnik zu Leipzig stattfindende Frühjahrsausstellung wird wieder eine Fülle von Neuerungen der elektrotechnischen Industrie aufweisen. Wer über seine Neuerungen noch nichts veröffentlicht hat, tut gut, einen kleinen Originalbericht mit Abbildungen für das Frühjahrsmesseheft der ETZ bis spätestens 25. I. 1932 an die „Schriftleitung der ETZ", Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33 II, zu senden. Nach dem 1. Februar 1932 können Einsendungen nicht mehr berücksichtigt werden.

Tellur-Thermoelemente. — Das Tellur empfiehlt sich für Thermoelemente wegen seiner hohen elektromotorischen Kraft. Daß es bisher zu diesem Zweck keine Verwendung gefunden hat, erklärt sich aus seiner leichten Zerbrechlichkeit, seinem großen Widerstand und aus der Inkonstanz seiner elektrischen Eigenschaften. B. Lange und W. Heller beschreiben nun Tellur-Thermoelemente von praktisch anwendbarer Ausführung, die eine genügend konstante Thermospannung von rd. 400 µV/Grad besitzen und demnach schon bei Benutzung empfindlicher Zeigergalvanometer eine Temperaturbestimmung auf 0,1 ° genau ermöglichen. Als besonders geeignet erwies sich die Kombination Tellur—Platin. Das Tellur wurde in einer Röhre aus Jenaer Glas in geschmolzenem Zustand hochgesaugt. Die Glaswand ergab eine genügende Festigkeit für das spröde Tellur, so daß derartige Tellurstäbe auch gegen stärkere Erschütterungen unempfindlich waren. Die Platindrähte wurden etwa 0,5 mm tief an beiden Enden in das geschmolzene Tellur eingetaucht. Die eine Lötstelle befindet sich in einem Glasbehälter, um durch Eis oder fließendes Wasser auf konstanter Temperatur gehalten zu werden. Die Thermokraft erwies sich in einem Bereich von — 75 ° bis + 90 ° als praktisch vollkommen konstant. Ziemlich gleichzeitig haben M. A. Lewitsky und M. A. Lukomsky ein Tellur-Wismut-Thermoelement beschrieben; doch fehlen hier genauere Angaben über die Konstanz der Thermokraft. (B. Lange und W. Heller, Phys. Z. Bd. 30, S. 419; M. A. Lewitsky und M. A. Lukomsky, Phys. Z. Bd 30, S. 203.) *Br.*

Magnetismus und magnetische Stoffe als Grundlagen der Elektroindustrie. — Unter besonderer Berücksichtigung amerikanischer Arbeiten gibt T. D. Yensen eine Übersicht über Permeabilität, Hysteresis und elektrische

Leitfähigkeit von Eisen und Eisenlegierungen, soweit sie in der Elektrotechnik Verwendung finden. Ohne sich in Einzelheiten zu verlieren und ohne atomphysikalische Erläuterungen durchzuführen, stellt er die Eigenschaften von Silizium-Eisen und Elektrolyt-Eisen denen der neueren Legierungen in einer Form gegenüber, die manchem für eine erste Orientierung willkommen sein wird. Die Eisen-Nickel-Legierungen ermöglichen je nach ihrer Zusammensetzung die Herstellung von Stoffen der verschiedensten elektrischen und magnetischen Eigenschaften. Das dem deutschen Invariant sehr ähnliche Hipernik, die 50prozentige Legierung, wird als geeignetes Material für Fernsprechtransformatoren in hochwertigen Funkempfangsgeräten besprochen. Die Angaben über die 78prozentige Legierung, das Permalloy, enthalten nichts Neues. (T. D. Yensen, The Electric Journ. Bd. 27, S. 214.) *Kbz.*

Energiewirtschaft.

Die Entwicklung der Elektrizitätswirtschaft im Jahre 1930. — Mit großer Spannung ist diesmal die Statistik der Vereinigung der Elektrizitätswerke für 1930[1] erwartet worden. Gibt sie doch ein vortreffliches Bild von dem Einfluß, den die Weltkrise auf unsere Elektrizitätswirtschaft ausübt. Zwar werden sich die eigentlichen Folgen des allgemeinen Niedergangs erst in den nächsten Statistiken zeigen. Immerhin haben die letzten Monate des Jahres 1930, wenigstens im deutschen Reichsgebiet, wenn man von einigen Ausnahmen absieht, schon ungünstig eingewirkt. Im europäischen Ausland ist dagegen in der Regel noch ein Aufschwung zu bemerken.

In der folgenden Zusammenstellung von 9 reichsdeutschen und 8 ausländischen Werken, die ganz willkürlich aus der Statistik herausgegriffen wurden, sind zum Vergleich vier Werte für 1929 und 1930 gewählt worden.

Werk	Abgabe ab Sammelschienen 1000 kWh		Nutzbare Abgabe 1000 kWh		Höchstleistung kW		Benutzungsdauer der Höchstleistung h	
	1929	1930	1929	1930	1929	1930	1929	1930
1. Berlin, BEWAG	1 459 635	1 418 768	1 324 006	1 290 643	477 700	463 200	3395	3067
2. Berlin, Elektrowerke AG.	2 332 351	2 234 194	2 240 890	2 132 471	388 000	384 000	6000	5818
3. Biberach, Bezirksverband OEW	150 451	140 705	127911	118 949	36 500	45 500	4130	3092
4. Dresden, AG. Sächsische Werke	1 068 712	991 961	917 611	848 347	267 500	240 500	3995	4125
5. Ellwangen, Überlandwerk Jagstkreis AG.	32 060	30 245	26 000	23 816	10 200	11 100	3143	2725
6. Eßlingen, Neckarwerke AG.	137 632	122 531	112 125	99 400	41 300	37 590	3333	3260
7. Hamburg, Hamburgische Electricitäts-Werke AG.	443 228	449 140	338 345	391 717	131 551	129 400	3369	3472
8. Karlsruhe, Badenwerk	261 231	310 356	232 404	282 350	60 100	72 000	4345	3415
9. Stuttgart, Städt. E.W.	201 904	176 216	171 955	145 529	60 522	54 291	3336	3246
10. Amsterdam, Städt. E.W.	368 062	429 748	337 865	390 567	125 298	120 826	2940	3557
11. Budapest, „	214 845	224 796	171 330	180 223	68 000	71 500	3159	3144
12. Danzig, „	45 345	44 001	40 763	39 914	12 900	12 480	3515	3548
13. Hermannstadt, Hermannstädter Elektrizitätswerk AG.	12 555	12 123	10 355	9 835	3 930	3 780	3118	3207
14. Kopenhagen, Städt. E.W.	146 226	158 784	122 739	134 317	64 500	67 200	2267	2363
15. Malmö, „	61 274	69 926	56 204	63 985	18 336	19 803	3342	3531
16. Wien, „	542 539	539 110	402 539	405 331	179 230	166 290	3027	3241
17. Zürich, „	269 318	277 683	210 722	218 091	70 300	62 300	3830	4457

Wenn man die Statistik weiter verfolgt, so wird man finden, daß in der Regel eine Verminderung der industriellen Stromlieferung eingetreten ist, während die Versorgung in landwirtschaftlichen Gebieten einen Zuwachs zeigt. Dies dürfte nicht nur eine Folge der neuzeitlichen Grundgebührentarife, sondern auch der starken Propagierung und Einführung der elektrischen Küche sein.

Während sich im Ausland die Zahl der Unternehmungen fast gleich gehalten hat (82 im Jahre 1928 gegen je 83 in den Jahren 1929 und 1930), ist im Reichsgebiet, in der Hauptsache wohl durch Zusammenschlüsse, eine ständige Verringerung zu beobachten. Gegen 611 Unternehmungen im Jahre 1928 sind 1929 noch 608 und 1930 nur noch 577 Werke verzeichnet.

Einen großen Mangel hat die Statistik gegenüber den vorjährigen. Der ganze frühere Abschnitt IV „Ergebnisse der Auswertung" ist ausgefallen. Ihm konnte man immer in bequemster Weise wichtige Zahlen wie z. B. die Benutzungsdauer u. dgl. entnehmen, Werte, die man nun mühsam berechnen muß. Leider sind auch diesmal wieder die Angaben des RWE sehr knapp.

Büggeln.

[1] Statistik für das Jahr 1930. Herausg. von der Vereinigung der Elektrizitätswerke E.V., Berlin 1931. Mit 611 S. in 4° und Daumenregister. Zu beziehen durch die Geschäftsstelle der VDEW Berlin, W 62, Maaßenstr. 9. Preis geb. RM 40.—.

RECHTSPFLEGE.

Elektrizitätslieferungsvertrag und Lieferung von Reservestrom. — In einem neueren Urteil hat das Oberlandesgericht Hamm ausgesprochen, daß ein Elektrizitätswerk, das eine monopolartige Stellung einnimmt, einem Abnehmer die Zufuhr elektrischer Energie sperren darf, wenn der Abnehmer bereits eine Eigenanlage hat und von dem Elektrizitätswerk lediglich sog. Reservestrom verlangt. Nur wenn entgegenstehende vertragliche Vereinbarungen zwischen dem Elektrizitätswerk und dem Abnehmer vorliegen, ist die Sperre unzulässig. (Urteil des OLG. Hamm 10 U 10/30; JW. 24./31. X. 1931, S. 3139 ff.)

Aus den Entscheidungsgründen ist folgendes wesentlich: Da das fragliche Elektrizitätswerk das einzige in dem Bezirk sei, dem die öffentlichen Wege zur Verlegung von Leitungen zur Verfügung stehen und die Errichtung von Baulichkeiten auf fremdem Privateigentum gestattet ist, nehme es eine monopolartige Stellung ein, und es könne ihm praktisch keine größere Konkurrenz erwachsen. Aus dieser Stellung des Elektrizitätswerks ergebe sich die Verpflichtung, für die Allgemeinheit zu sorgen, auch wenn das Werk nach privatwirtschaftlichen Grundsätzen betrieben werde und im Rechtsverkehr keine öffentlich-rechtlichen Befugnisse habe. Es stehe also jedem im Gebiet des Elektrizitätswerks ansässigen Abnehmer das Recht zu, von dem Werk den Abschluß eines Lieferungsvertrags zu verlangen.

Anders liegt nach der Ansicht des OLG. der Fall, wenn der Abnehmer bereits eine Eigenanlage hat und von dem Elektrizitätswerk lediglich sog. Reservestrom verlangt, u. zw. zu einer Zeit, in der seine eigene Erzeugung versagt oder nicht ausreicht. Durch die Aufstellung einer eigenen Lichtmaschine sei der Abnehmer Konkurrent des Werks geworden und müsse es sich gefallen lassen, daß er von dem Elektrizitätswerk auch als Gegner im Wirtschaftskampf behandelt werde. Die Auffassung, daß in diesem Fall ein relatives Monopol des Elektrizitätswerks übrig bliebe, wonach das Elektrizitätswerk seine monopolartige Stellung insofern behalte, als die Eigenanlage des Abnehmers nicht ausreiche, werde dem Interesse des Werks nicht gerecht. Es könne von dem Werk nicht verlangt werden, daß es ständig die von diesem Abnehmer benötigte Leistung miterzeuge, nur weil es darauf eingerichtet sein müsse, daß der Abnehmer vielleicht einmal für ganz kurze Zeit seinen Bedarf der Leitung des Werks entnimmt. Das Werk mag diese Belastung zwar aushalten, wenn nur ein Abnehmer oder doch nur wenige Reservestrom von ihm verlangen. Die Belastung werde aber gänzlich untragbar, wenn eine größere Anzahl von Abnehmern mit diesem Ansinnen an das Werk herantrete. Das Elektrizitätswerk könne demnach die Lieferung von Reservestrom an einen Selbsterzeuger ablehnen, ohne sich dadurch eines Verstoßes gegen die guten Sitten, wie es § 826 BGB. zur Voraussetzung habe, schuldig zu machen.

Im vorliegenden Fall hat das OLG. der Klage aber deswegen stattgegeben, weil das Elektrizitätswerk mit dem Abnehmer in Vertragsbeziehungen gestanden und dieser ihm keinen Grund gegeben habe, den Vertrag zu kündigen. Dieser Vertrag, der nach den formularmäßigen Bedingungen des Elektrizitätswerks abgeschlossen sei, habe seit Jahren bestanden. In ihm seien die Rechte und Pflichten der Parteien erschöpfend geregelt, insbesondere die Voraussetzung der Stromlieferung, die Anmeldung, die Anlage, die Zahlungsbedingungen und die Beendigung des Vertrags. B. Blau.

GEWERBLICHER RECHTSSCHUTZ.

Gleichartigkeit von Waren. — Eine Entscheidung der Beschwerdeabteilung I des Reichspatentamts vom 15. IX. 1931 kommt zu neuen Ergebnissen bei der Beurteilung der Gleichartigkeit von Waren, die für die elektrotechnische Industrie von Wichtigkeit sind. Es handelte sich um ein angemeldetes Zeichen, das für Unterwasserschall-Empfangsanlagen für Navigationszwecke bestimmt war. Auf Grund eines älteren, für Filme, kinematographische und Lichtbildapparate, Sprechmaschinen, Schallplatten und Walzen eingetragenen Zeichens war Widerspruch erhoben worden. Die Beschwerdeabteilung hat ausgeführt, daß den Unterwasserschall-Empfangsanlagen sämtliche Waren des Gegenzeichens „technisch sowohl wie auch wirtschaftlich zu fern stehen, als daß der Verkehr aus einer tatsächlichen oder vermeintlichen Gleichheit ihrer Kennzeichnung zu der Annahme verleitet werden könnte, die beiderseitigen Waren seien gleichen Ursprungs. Gewiß lassen sich zwischen der Ware der Anmeldung und einigen Warenarten des Widerspruchzeichens, insbesondere den Sprechmaschinen, gewisse technische Berührungspunkte konstruieren: Sprechmaschinen gehören ebenso wie die elektroakustische Anlage der Anmeldung zu den physikalischen Apparaten, wenigstens im weiteren Sinne, und bei beiden spielen Elektrizität und Schall eine wesentliche Rolle. Hieraus folgt jedoch noch keineswegs ihre Gleichartigkeit. Will man nicht zu einer die Bewegungsfreiheit der Geschäftswelt unbillig einschnürenden, vom Zeicheninhaber im Augenblick der Anmeldung in der Regel gar nicht erstrebten Überdehnung des Zeichenschutzbereichs gelangen, so muß man ähnlich wie bei der Warenklasse „Maschinen" auch bei den mannigfachen Erzeugnissen der Elektrotechnik und ihrer Schwestergebiete (der Optik und Akustik u. a.) häufig Unterteilungen vornehmen. Hierbei sind die Gleichartigkeitskreise je nach der Lage des Einzelfalles, vornehmlich je nach dem Grade der Verschiedenheit im Verwendungszweck, mehr oder weniger eng zu ziehen, am engsten bei so ausgesprochenen Sonderwaren wie den Unterwasserschallapparaten, zu deren Kennzeichnung das angemeldete Zeichen bestimmt ist. Derartige Anlagen dienen nicht wie die Sprechmaschinen und sonstigen Waren des Widerspruchszeichens hauptsächlich der Unterhaltung, u. zw. denkbar weitester Volkskreise, sondern ausschließlich marinetechnischen Bedürfnissen, in erster Linie der Erkundung feindlicher Schiffe unter Benutzung von Schallwellen, z. B. vom untergetauchten und deshalb an der Ausschau verhinderten Unterseeboot aus. Infolgedessen ist auch der Abnehmerkreis nur ein sehr beschränkter ebenso wie die Zahl der herstellenden Fachfirmen, ganz im Gegensatz zu den Waren des Widerspruchszeichens."

Deutsch-südafrikanische Vereinbarung über gegenseitige Anerkennung der Priorität von Erfindungspatenten. — Zwischen Deutschland und Südafrika ist eine Vereinbarung ratifiziert worden, die am 21. VIII. 1931 in Kraft trat und die gegenseitige Anerkennung der Priorität von Erfindungspatenten und gewerblichen Mustern zum Gegenstand hat. Sie räumt den in den beiden Ländern wohnenden Personen für Patent-, Gebrauchsmuster- und Geschmacksmusteranmeldungen die Prioritätsvorteile des Artikels 4 der internationalen Pariser Verbandsübereinkunft ein.

Patentanwalt Dipl.-Ing. H. Herzfeld, Berlin.

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33 II, Fernspr.: C 4 Wilhelm 8885 u. 8886 zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 18802.

Einladung

zur ordentlichen Sitzung am Dienstag, dem 15. Dezember 1931, 7½ Uhr abends, in der Aula der Technischen Hochschule in Charlottenburg, Berliner Str. 170-172.

Tagesordnung:

1. Geschäftliche Mitteilungen.
2. Vortrag des Herrn Obering. L. Schneider über das Thema: „Die Beleuchtung bei der Arbeit: Neue Anschauungen über ihre Ausgestaltung und Wirtschaftlichkeit."

Inhaltsangabe:

Die neuen Kenntnisse über den Einfluß der Beleuchtung auf die Leistungsfähigkeit des Menschen. — Die neuen Leitsätze der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft. — Die Anforderungen der verschiedenen Arbeitshandlungen in Industrie und Handwerk an die Ausgestaltung der Beleuchtung, dargestellt an Hand von Beispielen aus verschiedenen Betrieben. — Allgemeinbeleuchtung und Platzbeleuchtung. — Der leuchtende Arbeitsplatz. — Die neuesten Untersuchungen und Ergebnisse über die Wirtschaftlichkeit guter Beleuchtung bei der Arbeit.

Einlaß in den Vortragsaal gegen Vorzeigung der Mitgliedskarten.

Auf den Namen ausgestellte Gastkarten für einzuführende Gäste werden bei Vorausbestellung bis Montag, den 14. Dezember, mittags, von der Geschäftstelle des Elektrotechnischen Vereins ausgegeben.

Nachsitzung im „Grand-Hotel am Knie" in Charlottenburg, Bismarckstr. 1.

Elektrotechnischer Verein.
Der Vorsitzende:
Dr. Feyerabend.

Besichtigung.

Am Sonntag, dem 13. Dezember 1931, 10½ Uhr vorm., findet eine Besichtigung der technischen Anlagen der Städtischen Oper, Berlin-Charlottenburg, Bismarckstraße 34-37, statt.

Treffpunkt: Beim Bühneneingang, Seesenheimer Straße.

Die Zahl der Besucher ist auf 150 beschränkt. Aus diesem Grunde werden für die Teilnehmer besondere Karten ausgegeben, die in der Geschäftstelle des Elektrotechnischen Vereins (Berlin-Charlottenburg, Bismarckstr. 33 II) erhältlich sind.

Pünktliches Erscheinen geboten.

Nachtrag

zum Bericht über die Ordentliche Sitzung[1] am 19. Mai 1931

Besprechung des Vortrags[2]

des Herrn Professor Dr. Vidmar:

„Die dreiphasige Transformation in Amerika und Europa".

Vorsitz: Herr Staatsekretär Dr.-Ing. E. h. Feyerabend.

Herr **Bauch:** Bei der Fülle der Gedanken, die Herr Prof. VIDMAR aussprach, und bei der großen Bedeutung, die die Transformatorenfrage für uns in Europa hat, ist es unmöglich, in 5 min darauf näher einzugehen. Ich beschränke mich daher hier nur auf die Schlußfolgerungen aus meinen Untersuchungen und gebe einen Teil derselben im Elektro-Journal vom 21. VI. 1931.

Auf die Frage: Amerikanische Transformatorenbank mit 4 Einphasentransformatoren oder europäische Trafostation mit 2 Drehstromtrafos mit je 1,5facher Leistung, habe ich stets geantwortet: Ausschlaggebend ist der Zustand der Zufahrtswege. Die Amerikaner verfügten nämlich vor 30 Jahren nicht über ein dichtes Netz gut gepfleg-

[1] ETZ 1931, S. 776.
[2] ETZ 1931, S. 1481 u. 1519.

ter Chausseen wie wir und waren dadurch zu den leichter transportierbaren Einphasentrafos gezwungen.

In rein elektrischer Beziehung besteht zwischen der amerikanischen Praxis mit Y/△-Schaltung und der zu Anfang dieses Jahrhunderts viel verwendeten Type nach Abb. 1 kein Unterschied. Letztere braucht auch bei Y/Y-Schaltung keinen Strom dreifacher Frequenz, um eine rein sinusoidale Sternspannung zu erzeugen, weil auf dem von 2 Schenkeln und 2 Jochteilen gebildeten Kreisweg die Summe der erforderlichen dritten Harmonischen infolge ihrer Phasenschiebung von je 3 · 120° = 360° gleich Null ist.

Abb 1.

Abb. 2.

Etwas anders liegen die Dinge bei dem von M. VON DOLIWO-DOBROWOLSKI vor rd. 40 Jahren angegebenen Trafo nach Abb. 2. Hier sind die Außenwege zwischen den beiden Knotenpunkten, die die beiden Joche mit dem mittleren Schenkel bilden, länger als der Weg durch den Mittelschenkel allein. Infolgedessen brauchen die ersteren eine größere dritte Harmonische als letzterer. Aus diesem Grunde fließt durch jede der beiden Außenklemmen je eine dritte Harmonische, die durch die Mittelklemme vereint zum Generator zurückfließen. Abb. 3 zeigt das ungefähre Bild der Magnetisierungströme, die ein solcher Trafo aufnimmt. Dadurch, daß die magnetomotorischen Kräfte der 3 Spulen nicht in den Schenkeln allein durch entsprechende magnetomotorische Gegenkräfte balanciert werden, entsteht auf dem Wege über die Jochstreuung[3] ein Vorgang, der in einer Dreieckswicklung leicht nachweisbar ist. Ein dort fließender Strom enthält zwar eine merkliche dritte Harmonische, ist aber nicht größer als der Magnetisierungstrom des Mittelschenkels. Öffnet man die Dreieckswicklung an einer Ecke und oszillographiert man die Magnetisierungströme einmal mit geschlossenem und ein andermal mit offenem Dreieck, dann ist nicht der geringste Einfluß auf die Kurvenform der aufgenommenen Ströme wahrzunehmen. Das ist ein Beweis dafür, daß der Trafo die von ihm gebrauchten dritten Harmonischen aus dem Generator zwangsfrei bezieht. Die Spannung im offenen Dreieck war winzig.

Abb. 3.

Bei der ganzen Frage fällt zweierlei auf, 1. daß niemand die Existenz gefährlicher oder auch nur merklich hoher dritter Harmonischer in der Sternspannung ganz allgemein durch Oszillogramme nachgewiesen hat und 2., daß die theoretische Betrachtung nicht die 3 magnetischen Kreiswege eines Drehstromtrafos berücksichtigt, trotzdem die Gebr. HOPKINSON schon vor 45 Jahren gezeigt haben, daß der magnetische Fluß denselben Verteilungsgesetzen folgt wie der elektrische Strom.

Herr Prof. VIDMAR hat nun sehr großen Wert auf die Sternpunktverbindung zwischen Transformator und Generator gelegt und gemeint, daß die Amerikaner ohne sie nicht auskommen können, weil sie einen Ausgleich brauchen. Es würde mich interessieren, eine größere Anzahl von amerikanischen Anlagen zu erfahren, in denen das durchgeführt ist. Sie sind meines Wissens nur eine sehr kleine Seltenheit.

Nun meinte Herr Prof. VIDMAR, daß die Amerikaner deshalb mit so großer Energie auf ihrer Nullung, d. h. der Erdung des Transformator-Nullpunkts bestehen, um über die Erde diesen Ausgleich zu schaffen. Das ist meines Erachtens ein Irrtum. Die Amerikaner kennen die außerordentliche Gefahr, die der Erdschluß in ein System hineinbringt, und da sie kein anderes Mittel kennen als das der schnellen Abschaltung des Erdschlusses, so erden sie ihren Nullpunkt an irgendwelchen Stellen, um eine möglichst schnelle Abschaltung der Leitung zu veranlassen. Herr Prof. VIDMAR wies auf die Gefahr für unsere europäische Ausführungsform hin, wenn wir den Nullpunkt eines Drehstromtransformators mit dem Generatornullpunkt verbinden. Auch mir ist ein Fall bekannt, in dem ein Nulleiter zwischen Transformator und Generator unangenehm überlastet worden ist und warm wurde. Es hat sich herausgestellt, daß die Erwärmung nicht auf einen übermäßigen Strom im Nulleiter selbst zurückzuführen war, sondern auf die Eisenbandarmierung des Nulleiters. Im allgemeinen ist der Strom in einer solchen Nullpunktsverbindung sehr klein, d. h. nur von der Größe des Magnetisierungsstromes.

Ich habe nicht den Eindruck, daß unsere deutsche Praxis unterlegen ist. Ich bin aber der Ansicht, daß wir trotzdem über kurz oder lang zu den drei Einphasentransformatoren kommen müssen, nämlich dann, wenn die Größe der zu liefernden Transformatoren weiter wächst. Das Durchgangsprofil der Bahn und die Tragfähigkeit unserer Brücken setzen der Größe unseres Drehstromtrafos eine Grenze, so daß wir wahrscheinlich in wenigen Jahren einfach wegen der Größe der zu bewältigenden Leistung zum Einphasentyp der Amerikaner werden übergehen müssen, ohne damit etwas aufgeben zu müssen, was wir heute als gut erkannt haben, oder etwas Besseres zu erlangen. (Beifall.)

OWA Außenwasserkühlung
OS Selbstkühlung
a 3 Einphas.-Transf., 1 Drehstr.-Transf.
b 4 „ „ 2 „ „
c 7 „ „ 3 „ „
d 10 „ „ 4 „ „

Abb. 4. Kostenvergleich zwischen Einphasensatz und Drehstrom-Transformator.

Herr **Willheim**: Die außerordentlich klaren Darlegungen, die Herr Prof. VIDMAR dem heutigen Stande der Theorie des magnetischen Kreises dreiphasiger Transformatoren gewidmet hat, verdienen eine Ergänzung vom Standpunkt der Praxis, im besonderen der deutschen Praxis, über die ich einige Worte zu sprechen mir gestatten darf, weil ich mich vergewissern konnte, in diesem Punkte die übereinstimmenden Ansichten der AEG und der Siemens-Schuckertwerke zum Ausdruck zu bringen.

Die deutsche Praxis hat diesen Fragen frühzeitig volle Beachtung geschenkt und ist zu gewissen Lösungen gekommen, die den Unterschied zwischen der amerikanischen und der deutschen Bauweise geradezu aufheben.

Zunächst einige Worte zu der leidigen Kostenfrage: Wenn wir (Abb. 4) 4 Einphasentransformatoren mit 2 Drehstromtransformatoren vergleichen, dann sehen wir, daß bei 35 kV Oberspannung der theoretische Minderpreis von 25% nicht erreicht wird, sondern daß die Kostenersparnis bei 4 Einphasentransformatoren 15% beträgt, und daß diese Minderkosten sich bei 66 000 V Oberspannung erheblich vermindern und bei 150 kV Oberspannung vollständig verschwinden. Dieser Vergleich ist insofern nicht ganz folgerichtig, als man bei Drehstromtransformatoren wohl mit Fremdkühlung rechnen wird, bei Einphaseneinheiten jedoch selbstkühlende Typen einsetzen müßte, da man kaum den Kühlmaschinensatz in vier Teile zerlegen und dadurch eine umständliche Anlage schaffen wird. Ebenso wird man bei den Drehstromeinheiten, abgesehen von einer gewissen Netzreserve durch das vermaschte Sekundärnetz, in der Regel das Zugeständnis einer Leistungseinbuße im Störbetrieb machen können. Eine weitere Verschiebung zuungunsten des Einphasentransformators kommt dadurch zustande, daß er (Abb. 5) schaltungstechnisch dem Drehstromtransformator zweifellos unterlegen ist, da die Re-

[3] R. Bauch, El. u. Maschinenb. Bd. 35, S. 371, 423 u. 460 (1917).

serveeinheit außerordentlich schwer in Betrieb zu nehmen ist, weil das Ziehen und Wiedereinlegen der Trennschalter sehr zeitraubend ist. Man wird sich auch bei den Einphasentransformatoren dazu entschließen müssen, mehrere Sätze aufzustellen, und dann gelten die oberen Kurven in Abb. 4.

Anderseits darf man nicht verschweigen, daß der Einphasentransformator auch insofern Vorteile bringt, als er die Leistungsgrenze, bis zu der die Transformatoren selbstkühlend ausgeführt werden können, außerordentlich streckt, und daß auch das Versandgewicht der Transformatoreneinheit erheblich niedriger ist als beim Drehstromtransformator. Ich möchte aber gleich erwähnen, daß beispielsweise die beiden 100 000 kVA-Transformatoren, die bei der AEG und den SSW zurzeit im Bau sind, komplett bahntransportfähig sind, obwohl sie als Drehstromtransformatoren ausgeführt werden.

a mit Drehstromeinheiten

b mit 3 + 1 Einphaseneinheiten.

AEG

K 24360

Abb. 5. Anordnung einer Schaltanlage.

Es gehört wohl zur Besprechung der Frage der Wirtschaftlichkeit, wenn ich noch darauf hinweise, daß den Herstellerfirmen selbstverständlich ein Auftrag auf drei Einphasentransformatoren willkommener ist als der auf einen Drehstromtransformator. In dieser Hinsicht sind die amerikanischen Firmen bedeutend geschäftstüchtiger als unsere (Heiterkeit).

Herr Prof. VIDMAR hat großen Wert auf die Unterstreichung des Zusammenhangs zwischen der Kerntype und der Schaltung gelegt und ist dabei vor allem von einer Anordnung ausgegangen, bei der der Generatornullpunkt mit dem niederspannungsseitigen Transformatornullpunkt fest verbunden ist. Diese Anordnung ist in Deutschland wenig üblich. Statt dessen benutzen wir die Dreieckschaltung einer Wicklung, die in der Regel ohne weiteres verfügbar ist, da wir nicht beide Transformatornullpunkte erden wollen und das Hilfsmittel der Tertiärwicklung zur Verfügung haben, wenn wir ausnahmsweise beide Nullpunkte benötigen.

Diese Schaltung hat, wie Herr Prof. Vidmar schon andeutete, den Vorteil, daß sie uns aller Sorgen über die Wahl der festen Nullpunktserdung oder eines Betriebes mit freiem Nullpunkt, über die Folgen einer unsymmetrischen Belastung und aller Bedenken über die Möglichkeit einer Verzerrung des Magnetisierungsstromes und einer Verlagerung des Nullpunktes mit der Grundfrequenz oder einer dreizahligen Oberwelle enthebt. Es darf daher nicht wundernehmen, wenn sich in Deutschland Ausführungsformen eingebürgert haben, die der amerikanischen Bauweise völlig äquivalent sind, wenn man von kleineren, kaum wahrnehmbaren Verzerrungen des Magnetisierungsstroms durch gegenläufige Komponenten, die völlig belanglos sind, absieht. Die Dreieckswicklung ist also das Mittel, das uns gestattet, auch den magnetischen Rückschluß in der deutschen Bauweise einzuführen. Diese Schaltung ist auch die gegebene Lösung für die Niedervoltwicklung großer Transformatoren, die erhebliche Ströme zu führen haben. Mehrkosten sind damit nicht verbunden.

Die deutsche Praxis hat sich bei der Einführung dieser Bauweise auf einige Arbeiten stützen können, von denen ich die von R. BAUCH — ich meine nicht den speziellen Punkt seiner heutigen Ausführungen, sondern frühere Arbeiten — und von A. MANDL hervorheben möchte. Die deutsche Anschauung ist auch insbesondere verankert in dem VDE-Vorschriftenbuch, allerdings an entlegener Stelle, u. zw. in den „Leitsätzen für den Schutz von Hochspannungsanlagen gegen Überspannungen". Ich möchte mir gestatten, einige wichtige Sätze aus diesen Bestimmungen vorzulesen:

„Für Transformatoren in Kraftwerken empfiehlt sich Dreieck-Stern-Schaltung. Sie sichert dem Transformator eine ungezwungene Magnetisierung und verhindert infolgedessen das Auftreten von dreifachen Harmonischen.

Bei Transformatoren in Stern-Stern-Schaltung bestehen wesentliche Unterschiede zwischen den Transformatoren ohne freien magnetischen Rückschluß (Kern-Transformatoren mit nur 3 Schenkeln) und solchen mit freiem magnetischen Rückschluß (Mantel-Transformatoren, Vier- oder Fünfschenkel-Transformatoren sowie 3 zu einem Dreiphasensatz zusammengeschaltete Einphasen-Transformatoren).

Eine Tertiärwicklung in geschlossenem Dreieck macht sämtliche Formen in Stern-Stern-Schaltung der Dreieck-Stern-Schaltung gleichwertig.

Für die Erdung des Sternpunktes eignen sich alle Transformatoren, die irgendeine Dreieckwicklung besitzen.

Die unmittelbare Erdung des Hochspannungs-Sternpunktes von Transformatoren mit freiem magnetischen Rückschluß in Stern-Stern- oder Stern-Zickzack-Schaltung ohne Tertiärwicklung ist zu vermeiden."

Ich möchte bei dieser Gelegenheit noch eine Bemerkung über den sternsterngeschalteten Transformator einflechten, der in ganz großen Überlandnetzen Deutschlands ohne Nullpunktserdung eingebaut ist und zu keinen Schwierigkeiten Anlaß gegeben hat. Die Nullpunktsverlagerung ist sicher kleiner als 1 % der Phasenspannung und wird von der Nullpunktsverlagerung, die durch die kapazitive Unsymmetrie des Netzes ohnehin bedingt ist, bei weitem überdeckt.

Herr Prof. VIDMAR, mit dessen Ausführungen ich bisher insofern übereinzustimmen glaube, als ein deutlicher Parallelismus der deutschen Praxis mit seinen Überlegungen vorliegt, hat auch die Verknüpfung der Bauweise des Kernes mit der Art der Nullpunktserdung besonders betont. Diese Verknüpfung ist tatsächlich sehr wesentlich, aber ich gebe ihr die umgekehrte Deutung. Nicht deshalb, weil die Amerikaner den Transformator mit freiem magnetischen Rückschluß unbedingt retten wollen, haben sie die Nullpunktserdung erfunden und verteidigt, sondern umgekehrt: Wenn ein Transformator mit freiem magnetischen

Rückschluß europäischer oder amerikanischer Bauart vorliegt, so bedarf er der Dreieckschaltung einer Wicklung, wenn man die Nullpunktserdung der andern durchführen will. Ich sehe dabei von der niederspannungsseitigen Nullpunktsverbindung ab. Dieser Zusammenhang erklärt es, daß auch in europäischen Netzen, in denen die direkte Erdung eingeführt ist, stets Dreieckschaltung einer Wicklung gewählt wurde. Es ist dies darauf zurückzuführen, daß fast alle Transformatoren und Kernbauweisen eine erhebliche Nullpunktsimpedanz aufweisen, derart, daß ihre Erdung so lange keine starre ist, als man nicht durch Vorsehung einer Dreieckwicklung diese Impedanz auf die Größenordnung der Kurzschlußimpedanz zurückführt.

Wenn aber sowohl der europäischen als auch der amerikanischen Praxis die Wahl der Kernbauweise vollkommen freisteht, sofern sie die möglichen kleinen Nachteile durch eine Dreieckswicklung umgeht, und wenn in der Nullpunktserdung keine Bindung besteht, kann ich einen grundsätzlichen Gegensatz zwischen den beiden Anschauungen nicht mehr entdecken. Darum glaube ich, daß die spätere Entwicklung den Triumph der einen oder der anderen Anschauung nicht verzeichnen wird. (Beifall.)

Herr **Müller-Hillebrand:** Gestatten Sie mir, einige Zahlenangaben über den Einfluß der Erdung des Sternpunktes der Transformatoren auf die Sicherheit der Energieübertragung zu machen, u. zw. in erster Linie auf die Sicherheit der Energieübertragung bei Gewittern. Herr Prof. VIDMAR erwähnte, daß in den Hochspannungsnetzen eine große Anzahl von Störungen nur in einer Phase auftritt. Über solche Störungen bei Gewittern liegen uns neuerdings zahlreiche Zahlenangaben aus der Praxis vor. Nach amerikanischen Ermittlungen z. B. beträgt der Anteil der einphasigen Kurz- bzw. Erdschlüsse bei Gewittern bis ungefähr 85 % der Gesamtzahl der Erdkurzschlüsse. Wenn der Sternpunkt der Transformatoren in den Hochspannungsnetzen isoliert und der Erdschlußstrom kompensiert ist, dann wird man erwarten können, daß die Zahl der Störungen nur bis etwa 1/7 der Störungen beträgt, bei denen der Sternpunkt geerdet ist, da im ersten Falle der Erdschluß gelöscht und im zweiten Falle der einphasige Erdschluß zur Leitungsauslösung führt. Tatsächlich scheinen solche Verhältnisse vorzuliegen. In den letzten Jahren sind eine Reihe Veröffentlichungen aus amerikanischen Fachzeitschriften über die Zahl der Auslösungen von Leitungen durch Gewittereinwirkungen bekannt geworden. Danach kann als Anzahl von Leitungsauslösungen bei Gewittern in Gebieten von 20 ... 40 Gewittertagen im Jahr ein Mittelwert von rd. 4 ... 7 je Jahr und 100 km einfacher Leitungslänge angegeben werden, d. h. ein Netz von 1000 km Einfachleitungslänge hat ungefähr 40 ... 70 Leitungsauslösungen im Jahresmittel bei Gewitter zu erwarten. Das ist nur eine ganz angenäherte Zahl. Es gibt Netze, in denen diese Zahl sowohl wesentlich größer als auch geringer ist. Jedoch sind solche Zahlen von Leitungsauslösungen in deutschen Netzen mit kompensiertem Erdschlußstrom nicht bekannt, und es ist interessant, daß sich diese theoretische Überlegung, wonach die Zahl der Störungen in den kompensierten Netzen wesentlich geringer sein muß, hier bestätigt. Aus einer Zusammenstellung der Betriebsergebnisse von 3 deutschen 100 kV-Netzen von insgesamt rd. 5000 km Leitungslänge[4], hat sich als Mittelwert aus 4 bis 6 Jahren ergeben, daß man in diesen kompensierten Netzen ungefähr 0,5 ... 1,5 Auslösungen je Jahr und 100 km Leitungslänge zu erwarten hat. Darüber hinaus kann man sogar hoffen, daß Leitungsauslösungen durch Gewitter infolge zwei- und dreiphasiger Erdschlüsse in 100 kV-Netzen mit kompensiertem Erdstrom, die einem einphasigen Erdschluß standhalten, nahezu verschwinden werden, wenn besondere Schutzmaßnahmen der Leitung — in erster Linie sorgfältige Erdung der Maste und Schirmung durch Erdseile — durchgeführt sind. Sie sehen also, daß die Ausführung der dreiphasigen Transformatoren ohne starr geerdeten Sternpunkt und die Kompensation des Erdschlußstromes zu einer bedeutenden Erhöhung der Betriebssicherheit der Hochspannungsübertragung führt, die nicht ohne Einfluß auf die hier erörterten Fragen ist. (Beifall.)

Vortragender: Ich werde mich in Anbetracht der vorgeschrittenen Zeit sehr kurz fassen.

Zu den Ausführungen des Herrn Ingenieur B a u c h möchte ich bemerken, daß die Erscheinungen, die ich bei einer mit Nulleiter ausgestatteten Erregerwicklung beobachtet habe, oszillographiert wurden. In meinem Wiener Vortrag, der in El. u. Maschinenb. Bd. 49 (1931), S. 61 erschienen ist, finden Sie auch die Oszillogramme, die recht bemerkenswerte Aufschlüsse geben. Das Problem ist nicht so einfach, wie es auf den ersten Blick aussieht; denn man darf nicht vergessen, daß der Dreiphasentransformator außer diesen zusätzlichen Magnetisierungströmen dreifacher Periodenzahl auch noch die natürlichen zusätzlichen Magnetisierungströme dreifacher Periodenzahl hat, die von der Form der Magnetisierungskurve diktiert werden. Es gibt Fälle, in denen sich die beiden Magnetisierungströme dreifacher Periodenzahl addieren, und solche, in denen sie sich subtrahieren. Man kann also Fälle bekommen, in denen die unangenehme Erscheinung noch in anständigen Grenzen bleibt, und es gibt Fälle, in denen sie sehr unangenehm wird. Es ist mir natürlich nicht möglich, in der kurzen Zeit auf diese Einzelheiten noch weiter einzugehen. Ich erlaube mir daher, mich auf den Vortrag, der in El. u. Maschinenb. abgedruckt ist, zu berufen.

Ich bin ebenfalls wie der zweite Herr Diskussionsredner der Ansicht, daß das Bahnprofil zur Zeit der Leistung noch keine Grenze setzt, und daß wir dem Bahnprofil zuliebe unsere Dreiphasenbauart noch nicht zu opfern brauchen. Es ist bekannt, daß gerade der fünfschenklige Eisenkern eine ganz erhebliche Herabsetzung der Bauhöhe gestattet, und damit ist für eine ganze Weile vorgesorgt, daß wir mit unseren Dreiphasen-Transformatoren, wenn auch in anderer Form, auszukommen hoffen können.

Aus den Ausführungen der beiden ersten Redner habe ich gesehen, daß einerseits Pessimismus und anderseits Optimismus besteht. Ich selbst wäre nicht imstande, mich für die eine oder die andere Transformatorenart zu erklären. Die Waage steht außerordentlich genau, sehr empfindlich. Wenn sie nicht so empfindlich stünde, wenn dieses Gleichgewicht der beiden Bauarten nicht so peinlich genau wäre, hätten auch Unterschiede wie die hier beschriebenen nicht 40 oder 50 Jahre bestehen können; denn schließlich müssen sich doch Unterschiede, wenn sie tatsächlich sehr tiefgreifend sind, in Geld ausdrücken. Für Geld ist heutzutage jeder empfindlich (Heiterkeit), auch die Amerikaner, und wir schon ganz besonders; denn wir haben in Europa allen Grund, so sparsam und so gut zu bauen, wie wir nur können. Ich glaube, für die Amerikaner wird, wenn nicht jetzt, so in kürzester Zeit, dieselbe Not entstehen, und dann würde wohl auch dieses Problem entschieden werden, wenn es nicht eben ganz unbestimmt stünde, so daß eine endgültige Entscheidung kaum zu treffen ist. (Beifall.)

Elektrotechnischer Verein.

Der Generalsekretär:
Dr. S c h m i d t.

[4] Siehe ETZ 1931, S. 722.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker

(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33.
Fernspr.: Amt C 4, Wilhelm 8864—8868.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

VDE-Fachberichte 1931.

Die „VDE-Fachberichte 1931" der XXXV. Jahresversammlung in Frankfurt a. M. sind soeben erschienen. Der Inhalt des Heftes gibt die während der Elektrotagung am 22. und 23. Juni 1931 in der Handelskammer zu Frankfurt a. M. gehaltenen Fachberichte über das Hauptthema „E l e k t r i s c h e K r a f t ü b e r t r a g u n g a u f w e i t e E n t f e r n u n g" nebst den anschließenden Besprechungen wieder. Das Heft umfaßt 184 Seiten im Format DIN A 4 und enthält etwa 330 Abbildungen sowie rd. 20 Tabellen. Die Preise sind:

Für Mitglieder	geheftet . . .	RM 9,—
„ „	gebunden . .	„ 10,50
für Nichtmitgl.	geheftet . . .	„ 12,—
„ „	gebunden . .	„ 14,—
Versandkosten extra		„ 0,50.

Bestellungen erbitten wir umgehend an den Verband Deutscher Elektrotechniker, Verlagsabteilung, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33. Der Versand erfolgt sofort.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

Der Generalsekretär:
P. S c h i r p.

SITZUNGSKALENDER.

Elektrotechn. Verein Chemnitz. 17. XII. 1931, abds. 7½ h, Festsaal der Staatl. Akademie für Technik, am Schillerpl. 6/7: Festversamml. anläßl. des 10jähr. Bestehens mit Vortrag v. Geh. Rat G ö r g e s, „Der Stand der Elektrotechnik im Gründungsjahr des Städt. Elektrizitätswerks Chemnitz (1896) und die Gründung des Werkes".

Elektrot. Verein Hamburg. 16. XII. 1931, abds. 7½ h, Techn. Staatslehranstalten, Hörsaal 8: Vortrag Dipl.-Ing. Happach, „Verbesserung des cos φ durch statische Kondensatoren.

Elektrot. Gesellschaft Hannover. 15. XII. 1931, abds. 8 h, Hörsaal 42 der T. H.: Vortrag Dipl.-Ing. Schleicher, „Probleme der Sicherungstechnik".

Oberrhein. Elektrotechn. Verein Karlsruhe i. B. 11. XII. 1931, abds. 8 h, gr. Hörsaal des Elektrotechn. Inst. der T. H.: Vortrag Dipl.-Ing. W. Stern, „Fernmeßeinrichtungen zur Lastverteilung und Betriebsüberwachung von Stadt- u. Überlandnetzen"

Elektrotechn. Verein Leipzig. 15. XII. 1931, abds. 8 h, Kaufmänn. Vereinshaus, Schulstr. 5 (nur für Mitglieder): Jahreshauptversammlung.

Elektrotechn. Gesellschaft Magdeburg. 15. XII. 1931, abds. 8¼ h, Festsaal der Ver. Techn. Staatslehranstalten für Maschinenwesen, am Krökentor 1: Film-Vortrag Obering. H. Bauer, „Neuerungen auf dem Gebiet der Lichtbogenschweißung".

Elektrotechn. Gesellschaft zu Nürnberg. 11. XII. 1931, abds. 8 h, Vortragssaal der SSW, Frauentorgraben 35: Vortrag Obering. Bunzl, „Die Entwicklung des Elektromotors".

Physikalische Gesellschaft zu Berlin. 11. XII. 1931, nachm. 5½ h, gr. Hörsaal des Phys. Inst. der Universität, Reichstagsufer 7/8: Vortrag H. Straubel, „Kristallsteuerung für ultrakurze Wellen" (m. Vorführ.).

Arbeitsgemeinschaft deutscher Betriebsingenieure im VDI, Berlin (gemeinsam mit dem AWF). 17. XII 1931, abds. 7¾ h, Aula der T. H.: Vortrag Obering. W. Mehdorn, „Herstellung, Eigenschaften und Verarbeitung von Kunstharzen und Kunstharzpreßstoffen" (4. Vortrag der Reihe über „Tagesfragen der Betriebstechnik"). Eintrittspreis 1,50 RM. Karten am Saaleingang erhältlich.

Berliner Bezirksverein deutscher Ingenieure (gemeinsam mit dem Außeninstitut der T. H., dem AWF, dem Verein zur Beförd. des Gewerbfleißes und der Arbeitsgemeinschaft dt. Betriebsingenieure). Vortragsreihe Dr.-Ing. M. Weber u. Dr.-Ing. H. Fromm über „Die Grundlagen der Statik und Dynamik". 11. u. 18. XII. 1931, 8., 15. u. 22. I. 1932, abds. 6½ bis 8 h, alter Physik-Hörsaal der T. H. Hauptgebäude. 5 Doppelstunden 5 RM.

LITERATUR.

Besprechungen.

Tonfilm. Aufnahme u. Wiedergabe nach dem Klangfilm-Verfahren (System Klangfilm-Tobis). Herausg. f. d. Klangfilm G. m. b. H., Berlin, von Dr. F. Fischer u. Dr. H. Lichte. Mit 378 Abb., XI u. 455 S. in gr. 8°. Verlag S. Hirzel, Leipzig 1931. Preis geh. 26 RM, geb. 27,80 RM.

Das soeben erschienene Werk wird von Technikern und Wissenschaftlern wärmstens begrüßt werden, weil es zu den bisher vorhandenen Werken über den Tonfilm, die sich mehr der historischen Entwicklung und der beschreibenden Darstellung widmeten, das erste wissenschaftlich durchgearbeitete Werk hinzufügt, das in einer zusammenfassenden Darstellung die auftretenden Probleme theoretisch und praktisch untersucht. Wenn zwar dabei nur das Klangfilmverfahren bearbeitet wird, so findet der Leser doch alle gemeinsamen Probleme des Tonfilms auf so breiter Basis durchgearbeitet, daß er alle grundsätzlichen Fragen der Aufnahme- und Wiedergabetechnik beantwortet findet. Bei dem Umfang der zur Diskussion stehenden Fragen des Tonfilms kann es nur als ein Vorteil betrachtet werden, wenn die einzelnen Bestandteile des Klangfilmverfahrens von jenen Mitarbeitern erläutert werden, die auf die Ausbildung der betreffenden Einzelprobleme und deren Umsetzung in die Praxis maßgebenden Einfluß hatten.

Der theoretische Teil des Buches wird ergänzt durch eine vielseitige Beschreibung der praktisch ausgeführten Konstruktionen und Einzelteile, ferner durch eingehende Bedienungs- und Betriebsvorschriften, sowohl ganzer Aufnahme- und Wiedergabegeräte als auch deren Bestandteile. Es ist also dafür gesorgt, daß auch der Tonfilmpraktiker aus dem Werk das ihn Interessierende studieren und erlernen kann.

Im Abschnitt A, Physikalische Grundlagen der Klangfilmsysteme, werden zuerst die 3 Hauptformen der Tonaufzeichnung, nämlich Schwärzungsverfahren (auch Intensitätsverfahren genannt), Amplitudenverfahren (Schwarzweißverfahren) und Plattenverfahren prinzipiell erläutert und auf die unterschiedlichen Merkmale hingewiesen. Dann folgen die Einzelteile der 3 Verfahren, wie Kerrzelle, Oszillograph, Wachsplattenschreiber und optische Anordnungen als Aufzeichnungsorgane, ferner Selenzelle, Photozelle und Tonabnehmer als Wiedergabeorgane, deren Verhalten theoretisch untersucht und ihre Anwendung in der Praxis gezeigt wird. Die photographischen Eigenschaften des Filmmaterials, die Begriffe der Allgemein- und Farbenempfindlichkeit, des Auflösungsvermögens, des Schwärzungsumfanges und der Ruheschwärzung sowie deren Bedeutung für die verzerrungsfreie Aufzeichnung eines Tonfilms werden einer ausführlichen theoretischen Betrachtung unterworfen. Insbesondere werden die durch den photographischen Prozeß und durch die Apparate selbst bedingten linearen und nichtlinearen Verzerrungen behandelt, ihr Einfluß auf den Klirrfaktor sowie ihre Vermeidung in sehr eingehenden Untersuchungen dargestellt. Die Begriffe Schallstrahlung, Schallempfang und Schallleistung werden erörtert und die in der Praxis hauptsächlich verwendeten Mikrophone (Bändchenmikrophon, Kondensatormikrophon, Reißmikrophon) und Lautsprecher (Blatthaller, Riffel-, Rice-Kellogg- und Hornlautsprecher) beschrieben und durch Frequenzkurven u. a. ergänzt. Das Wesentliche über Verstärker unter besonderer Berücksichtigung der Entzerrung und eine Besprechung über die Hörbarkeit nichtlinearer Verzerrungen beschließen den theoretischen Teil.

Der Abschnitt B des Werkes vermittelt uns die technische Ausgestaltung des Klangfilmverfahrens. An Hand von zahlreichen Abbildungen, Schaltungen, Kurven und Beschreibungen wird der Leser in die einzelnen Gerätetypen eingeführt und mit den Bestandteilen der Geräte vertraut gemacht, wobei besonders auf den praktischen Betrieb, die Bedienung und Überwachung der Aufnahme- und Wiedergabeapparaturen sowie auf die Beseitigung von Störungen Rücksicht genommen wurde. Schließlich werden 2 Spezialaufnahmegeräte, nämlich eine tragbare Aufnahmeapparatur für Expeditionen und eine Reporterkamera beschrieben. Den Schluß bilden der praktische Entwicklungs- und Kopierprozeß und die Misch- und Umspulvorrichtung, die hauptsächlich der Nachsynchronisierung dient.

Der Abschnitt C zeigt uns Wissenswertes über Raum- und Bauakustik unter Berücksichtigung der für den Tonfilm wichtigen Schallreflexion, -absorption und -isolation. Der Schlußabschnitt D bringt einen kurzen Überblick über die Einrichtung der Tonfilmateliers in Neubabelsberg.

Der reiche Literaturnachweis, die sorgfältige Darstellung und Übersichtlichkeit des Werkes geben die Gewähr, daß sein Erscheinen von allen am Tonfilm Interessierten bestens begrüßt wird. J. Mayer.

Das Pressen der Metalle (Nichteisenmetalle). Von Dr.-Ing. A. Peter. (Werkstattbücher H. 41.) Mit 72 Abb. i. Text u. 49 S. in 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1930. Preis kart. 2 RM.

In dem Buche wird das Pressen lediglich der Nichteisenmetalle behandelt und zunächst an der Hand von Bildtafeln die Vielseitigkeit der aus Preßmessing, Preßaluminium und Preßelektron herstellbaren Gegenstände dargetan. Erst nach näheren Angaben über die Zusammensetzung der Legierungen und ihre mechanischen Eigenschaften sowie die der aus ihnen hergestellten Gegenstände tritt der Verfasser an den Kern seiner Aufgabe heran und behandelt die eigentlichen Maschinen für die Metallpresserei, Strang- und Formpressen und die dazugehörigen Hilfsmaschinen, Abschneide- und Abgratmaschinen. Es folgen Ausführungen über die besondere Ausgestaltung der Preßteile, die von großer Bedeutung für ein gutes Arbeiten der Maschinen sind. Nach kurzer Erörterung der drei Grundarten des Warmpressens geht der Verfasser am Schluß noch auf die Werkzeuge, besonders aber auf die Herstellung der Gesenke ein. Von besonderem Wert sind die Ausführungen über die Wirtschaftlichkeit des Pressens. Eine Tabelle ermöglicht einen Kostenvergleich zwischen der Herstellung des gleichen Teiles durch Drehen, Pressen und Gießen. Der Verfasser gibt auf kurzem Raum einen guten Überblick über das Pressen der Nichteisenmetalle; das Buch kann denen, die sich rasch unterrichten wollen und keine Zeit haben, umfassende Werke zu studieren, nur empfohlen werden. A. Witt.

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Die Konzernverhältnisse in der elektrotechnischen Industrie. — Das Statistische Reichsamt hat versucht, nach dem Stand von Ende 1930 das Eigentum am Kapital der deutschen Aktiengesellschaften[1] festzustellen. Das Ergebnis erfaßt jedoch vorläufig nur die untere Grenze des nachweislich in festen Händen befindlichen Kapitalteils.

In der Elektroindustrie wurden Ende 1930 insgesamt 218 Aktiengesellschaften (AG.) mit 895 Mill RM AK. gezählt, von denen 32 AG. mit 704,3 Mill RM AK. beteiligungsaktiv bei andern Gesellschaften waren. Unter diesen beteiligungsaktiven Gesellschaften wiederum befanden sich 18 AG. mit 328,2 Mill RM AK., an denen andere AG. im ganzen mit 189,6 Mill RM beteiligt waren, und 7 AG. mit 326,0 Mill RM AK., an denen Unternehmungen anderer Rechtsformen sowie Unternehmer in nicht genau feststellbarer Höhe Beteiligungen erworben hatten. Beteiligungspassiv waren 88 AG. mit 773,4 Mill RM AK. Insgesamt konnten Beteiligungsbeträge in Höhe von 444,7 Mill RM (d. s. 49,7 % des Gesamtkapitals der Branche) festgestellt werden. Vom Kapital dieser beteiligungspassiven Gesellschaften befanden sich unmittelbar in Händen von AG. 267,5 Mill RM (29,9 %), von Gesellschaften m. b. H. 8,5 Mill RM (0,95 %), von Unternehmungen anderer Rechtsformen und Unternehmern 27,7 Mill RM (3,1 %) und des Auslandes 141,0 Mill RM (15,7 %). Beteiligungen der öffentlichen Hand wurden nicht ermittelt. Die Beteiligung seitens der AG. erstreckte sich auf 70 AG. mit 437,7 Mill RM AK. Von den Beteiligungen in der Gesamthöhe von 267,5 Mill RM wurden allein 142,23 Mill RM von anderen Gesellschaften der Branche gehalten. Außerdem lagen 109,49 Mill RM bei Beteiligungsgesellschaften. Als weitere Beteiligte erscheinen andere Industrien, darunter die chemische mit 6, der Steinkohlenbergbau mit 6,5, die Wasser-, Gas- und Elektrizitätsgewinnung mit 1,7 Mill RM. Beteiligungsaktiv war die Elektroindustrie im ganzen mit 270,67 Mill RM, u. zw. außer den erwähnten 142,23 Mill RM in der eigenen Branche u. a. mit 18,0 Mill RM in der Eisenindustrie, 36,07 Mill RM bei Beteiligungsgesellschaften, 14,43 Mill RM im Verkehrswesen (darunter mit 7,40 Mill RM bei Bahnen), 8,45 Mill RM im Steinkohlenbergbau, 8,12 Mill RM in der Industrie der Steine und Erden und mit 8,69 Mill RM bei Elektrizitätswerken. Auslandsbeteiligungen wurden bei 12 AG. mit 408,82 Mill RM AK. in 15 Fällen und in einer Gesamthöhe von 141,00 Mill RM festgestellt. Nach dem Domizil der ausländischen Kapitaleigner entfielen davon 0,87 Mill RM auf die Niederlande, 12,62 Mill RM auf die Schweiz, 41,67 Mill RM auf Luxemburg, 4 Mill RM auf Schweden und 81,84 Mill RM auf die V. S. Amerika. Sodann wurden Beteiligungen seitens Kapitaleigner in England und Österreich festgestellt, ohne daß die genaue Höhe ermittelt werden konnte.

In der Gruppe der Elektrizitätswerke sind Ende 1930 insgesamt 201 AG. mit 2101 Mill RM AK. gezählt worden. Hiervon waren beteiligungsaktiv bei anderen Gesellschaften 53 AG. mit 1351,7 Mill RM AK. Unter diesen befanden sich 44 AG. mit 1086,0 Mill RM AK., an denen andere AG. mit insgesamt 524,7 Mill RM Anteil hatten, und 9 AG. mit 265,7 Mill RM AK., an denen Gesellschaften anderer Unternehmungsformen und Unternehmer in nicht genau feststellbarer Höhe Beteiligungen erworben hatten. Beteiligungspassiv waren 184 AG. mit 2093,0 Mill RM AK. Insgesamt konnten Beteiligungsbeträge in Höhe von 1752,4 Mill RM (d. s. 83,4 % des Gesamtkapitals der Branche) gezählt werden. Vom Kapital dieser beteiligungspassiven Gesellschaften befanden sich unmittelbar in Händen von AG. 802,98 Mill RM (38,2 %), von Gesellschaften m. b. H. 73,93 Mill RM (3,5 %), von Unternehmungen anderer Rechtsformen und Unternehmern 4,16 Mill RM (0,2 %), der öffentlichen Hand 756,18 Mill RM (36,0 %) und des Auslandes 115,14 Mill RM (5,5 %). Außerdem wurden 3,56 Mill RM Beteiligungen seitens der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft ermittelt. Die Beteiligung der AG. entfiel auf 147 AG. mit 1508,6 Mill RM AK. Von der Gesamtbeteiligung in Höhe von 802,98 Mill RM kamen allein 554,51 Mill RM auf Beteiligungsgesellschaften und 211,91 Mill RM auf die Wasser-, Gas- und Elektrizitätsgewinnung und -versorgung (darunter 177,01 Mill RM auf Elektrizitätswerke). Weiterhin lagen u. a. Beteiligungen von 18,55 Mill RM beim Braunkohlenbergbau, von 8,69 Mill RM bei der Elektroindustrie und von 8,17 Mill RM beim Verkehrswesen. Beteiligungsaktiv waren die Elektrizitätswerke insgesamt mit 285,63 Mill RM. Neben den 177,01 Mill RM Beteiligungen in der eigenen Branche wurden u. a. 14,53 Mill RM in der übrigen Wasser-, Gas- und Elektrizitätsgewinnung und -versorgung, 37,63 Mill RM im Braunkohlenbergbau, 27,59 Mill RM bei Beteiligungsgesellschaften und 19,36 Mill RM bei Bahnen festgestellt. Auslandsbeteiligungen ergaben sich bei 20 AG. mit 781,52 Mill RM AK. in 30 Fällen und in einer Gesamthöhe von 115,14 Mill RM. Nach dem Sitz der ausländischen Kapitaleigner entfielen 55,14 Mill RM auf die Schweiz und 60 Mill RM auf die V. S. Amerika. Daneben bestanden Beteiligungen in Belgien, deren genauer Wert sich indessen nicht ermitteln ließ. Eine direkte Beteiligung der öffentlichen Hand fand sich bei 108 AG. mit 1445,72 Mill RM AK.; in vier Fällen konnte deren Höhe nicht bestimmt werden. Die feststellbaren Beteiligungsbeträge beliefen sich auf 756,18 Mill RM und entfielen in drei Fällen mit 10,43 Mill RM auf das Reich, in 19 Fällen mit 221,08 Mill RM auf die deutschen Länder, in 60 Fällen mit 216,56 Mill RM auf Gemeinden und in 51 Fällen mit 308,11 Mill RM auf Beteiligungen sonstiger Körperschaften des öffentlichen Rechts. *Pl.*

[1] Vgl. Vierteljahrshefte zur Statistik des Deutschen Reichs 1931, H. 2, S. 2 ff.

Aus der Geschäftswelt. — Der Verwaltungsrat der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft hat beschlossen, den Ertrag der steuerfreien Reichsbahnanleihe 1931 für zusätzliche Aufträge der Reichsbahn zu verwenden. Nach der von der Berl. Börs.-Zg. bekanntgegebenen Verteilung dieser Bestellungen im Gesamtbetrag von 250 Mill RM sollen auf die Elektroindustrie 5,3 Mill RM, u. zw. für Kabel- und Leitungsmaterial 0,5, für Lieferungen auf dem Starkstromgebiet 1,3 und für solche auf dem Schwachstromgebiet 3,5 Mill RM entfallen. Unter den Neubauten im Wert von insgesamt 59 Mill RM befindet sich auch die Elektrisierung der Wannseebahn[1]. — Zwischen der Telefunken-Gesellschaft für drahtlose Telegraphie m. b. H., Berlin, und der N. V. Philips' Gloeilampenfabrieken, Eindhoven, sind vor kurzem Vereinbarungen zustande gekommen, die eine enge Zusammenarbeit, besonders in bezug auf die technische Entwicklung, anstreben. Die genannten Gesellschaften haben zu diesem Zweck Abmachungen über die Benutzung ihrer Patentrechte getroffen und wollen in gemeinschaftlicher Arbeit die Rationalisierung der Herstellung und des Vertriebs durch Verringerung der Typenzahl, Auswechselbarkeit und ähnliches herbeiführen. Die zwischen beiden Firmen schwebenden Prozeßstreitigkeiten sind infolge dieser Vereinbarungen beigelegt worden. Die Verabredungen beziehen sich nicht allein auf die Heimatländer der Gesellschaften, sondern umfassen praktisch die ganze Welt und haben in erster Linie die Hebung des Rundfunks und der Radioindustrie durch Vermehrung der Anwendungen im Auge. Auch andere Firmen können sich diesen Abmachungen anschließen, um ihrerseits zur Erreichung des gemeinsamen Ziels beizutragen.

In das Handelsregister wurden eingetragen: Staßfurter Rundfunk, G. m. b. H., Staßfurt (0,5 Mill RM): Herstellung, Verkauf, Einbau und Reparatur von elektrischen Anlaß- und Beleuchtungsanlagen für Kraftfahrzeuge aller Art sowie Herstellung usw. von rundfunktechnischen Erzeugnissen. Die Staßfurter Licht- und Kraftwerke AG. haben die Fabrikation und den Vertrieb ihrer Rundfunkgeräte usw. in obige Gesellschaft eingebracht; Kostorz G. m. b. H., Heidenau Sa. (20 000 RM): Herstellung von und Handel mit Dynamobürsten und Dynamohaltern sowie von elektrotechnischen Artikeln; Elektrizitätswerk Köthen AG., Köthen (0,32 Mill RM): Betrieb von Unternehmungen, die der Versorgung der Bevölkerung mit Energiemitteln, vor allem mit Elektrizität dienen, insbesondere Fortführung des bisher von der Stadt Köthen betriebenen Elektrizitätswerks usw.; Ribau Relais- und Instrumenten-Bau G. m. b. H., Berlin (20 000 RM): Fabrikation elektrischer Apparate, besonders von Relais und sonstigen elektrischen Schalt- und Kontaktinstrumenten.

[1] Vgl. S. 1527: Elektrisierung der Wannseebahn in Berlin.

Bezugsquellenverzeichnis.

Anfragen, denen Rückporto nicht beigefügt ist, bleiben unbeantwortet. Die Anfragen sind an die Schriftleitung der Elektrotechnischen Zeitschrift, Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, zu richten.

Frage 44: Wer stellt die Spiegelreflektoren „Mehr Licht" her?

Frage 45. Wer baut Handleuchten, die Faßausleuchtern ähneln und unter Druckluft aufleuchten?

Frage 46: Wer stellt die Heißluftdusche „Ema junior" her?

Abschluß des Heftes: 5. Dezember 1931.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 16 250 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

ETZ

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

INHALT

Des Weihnachtsfestes wegen muß der Anzeigenteil des Heftes 52 schon am 19. Dezember, vorm. 8 Uhr, abgeschlossen werden.

51. HEFT · 52. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9
(1537—1560) 17. DEZEMBER 1931

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

52. Jahrgang | **Berlin, 17. Dezember 1931** | **Heft 51**

Die künftige Entwicklung des elektrischen Lichtbedarfs.

Von L. Schneider und B. Seeger, Berlin.

Übersicht. Der Bedarf an künstlichem Licht wird sich in extensiver und intensiver Richtung steigern. Der Maßstab für den Bedarf ergibt sich aus der Abhängigkeit der Leistungsfähigkeit des Auges und des Menschen überhaupt von der Beleuchtungsgüte. Die zahlenmäßig bewiesene Wirtschaftlichkeit einer weitgehenden Befriedigung der Lichtansprüche ergibt sich aus den geringen Kosten guter Beleuchtung und den großen Verlusten durch schlechte Beleuchtung. Die Auswirkung gesteigerten Lichtbedarfs auf die Stromversorgungs-Unternehmen wird genauer untersucht und erweist sich als wesentlich günstiger in betriebstechnischer Hinsicht als bisher vielfach angenommen.

I.

Sofern man die Entwicklung der elektrischen Lichtversorgung nur von der Seite ihrer extensiven Ausbreitung her betrachtet, kann der Eindruck entstehen, daß diese Entwicklung bereits ihren Höhepunkt erreicht oder gar überschritten hat. Diese Auffassung spiegelt sich auch in manchen Äußerungen berufener Fachleute wider[1]. Das elektrische Licht hat sich als die vollkommenste Art künstlicher Lichterzeugung erwiesen und nahezu überall das Gaslicht, das Petroleumlicht und andere Beleuchtungsarten verdrängt. Deshalb ist zwar bei dem heutigen Stand der Elektrisierung Deutschlands ein bedeutender Zuwachs an solchen Lichtverbrauchern, die erstmalig von anderen Lichtquellen zur elektrischen Lichterzeugung übergehen, nicht mehr zu erwarten; trotzdem aber ist die extensive Ausbreitung der Anwendung elektrischen Lichtes deshalb noch lange nicht auf ihrem Höhepunkt angekommen, weil die Vorzüge des elektrischen Lichtes erstmalig Veranlassung geben, da künstliches Licht zu verwenden, wo man früher an seine Verwendung überhaupt noch nicht gedacht hat.

Einen noch viel stärkeren Auftrieb wird aber die Lichtversorgung durch die intensive Entwicklung der elektrischen Beleuchtung erhalten, die sich aus den neuentstandenen Erfordernissen der Ausgestaltung einer neuzeitlichen Beleuchtungsanlage ergibt. Von Tag zu Tag schreitet die Erkenntnis weiter vor, daß sich die Aufgabe der elektrischen Glühlampe nicht darin erschöpft, die vorhandenen anderen Lichtquellen zu ersetzen, um den Vorteil der bequemeren Handhabung elektrischer Lichtquellen zu gewinnen, sondern daß es sich darum handelt, mit Hilfe des elektrischen Lichtes erstmalig eine Beleuchtung zu schaffen, die nicht nur das Tageslicht ersetzt, sondern darüber hinaus dem Menschen die Sehbedingungen schafft, die ihm die heute und in Zukunft von seinem Auge verlangte Sehleistung ermöglichen. Die hierzu erforderliche reichlichere Verwendung künstlichen Lichtes ist nicht eine Frage des Wohlstandes, sondern eine Frage der Wirtschaftlichkeit, die unbedingt in Zukunft zur Verbesserung der Beleuchtungsanlagen zwingen wird. Eine solche Entwicklung des Lichtbedarfs nach lichtwirtschaftlichen Gesichtspunkten wird dann auch eine Erhöhung des Absatzes elektrischer Energie und elektrischer Fabrikate zur Folge haben. Zum Verständnis der so gekennzeichneten Entwicklungslinien und zum Beweis ihrer hohen Wahrscheinlichkeit sei zunächst darauf hingewiesen, daß in der Reihe der primitivsten menschlichen Bedürfnisse, wie Nahrung, Kleidung, Wohnung, Heizung, das künstliche Licht als einziges erst seit wenigen Jahrzehnten durch die elektrische Glühlampe zum erstenmal eine technisch befriedigende Bedarfsdeckungsmöglichkeit gefunden hat. Die Vorteile, die sich aus der zielbewußten Ausnutzung dieser Möglichkeit ergeben, hat die heutige Lichttechnik mehr und mehr erforscht. Die Millionen von Lichtverbrauchern aber, denen diese Vorteile zugute kommen können und sollen, sind mit ihnen heute noch nicht vertraut, weil eine viele Jahrhunderte hindurch ausgebliebene technisch-wirtschaftliche Entwicklung nicht in den wenigen Jahrzehnten seit der Erfindung der elektrischen Glühlampe von der Gesamtheit der Bevölkerung nachgeholt werden konnte. Hier ist deshalb noch eine planmäßige technisch-wirtschaftliche Aufklärungsarbeit zu leisten.

Es ist verständlich, daß man sich der Glühlampe, solange sie sich noch in der Entwicklung befand, nur bediente, um andere Lichtquellen zu ersetzen, die in ihrer Handhabung unbequem waren. Damit wurde natürlich in fast allen Fällen noch keine gute Beleuchtung erzielt. Als sich nun noch im Verlauf der Entwicklung herausstellte, daß das mit der Glühlampe erzeugte Licht billiger ist als das vieler anderer Lichtquellen, konnte man dazu übergehen, die Beleuchtung bewußt so auszugestalten, daß man den Anforderungen, die eine bestimmte Arbeit an die Beleuchtung stellt, Genüge leisten konnte. Dies führte dazu, die Maßstäbe für eine gute Beleuchtung nicht mehr nur im Technischen, sondern im Physiologischen und Psychologischen zu suchen. Aus der Anwendung einfacherer ophthalmologischer Prüfverfahren und hieraus weiter entwickelter psychotechnischer Verfahren[2] ergab sich die Notwendigkeit, die Leistungsfähigkeit des Auges als Bewertungsgrundlage einzuführen. Dadurch konnte die „Beleuchtungsgüte"[3] genauer definiert werden, die so allgemein gültige Richtlinien für die richtige Anwendung des Lichtes für alle Zwecke gab. Insbesondere läßt sich auch eine direkte Beziehung zwischen der Qualität der Beleuchtung und der Leistungsfähigkeit des Menschen bei der Arbeit herstellen, ausgehend von der Überlegung, daß die Leistungsfähigkeit des Auges durch die Beleuchtung beeinflußt wird und die Leistungsfähigkeit des Menschen bei der Arbeit demgemäß in dem Maße von der Beleuchtung abhängt, in dem das Auge zur Ausführung einer bestimmten Arbeit mitwirken muß.

Wenn es auch bisher noch nicht gelungen ist, eine einfache allgemein gültige Beziehung zwischen Qualität der Beleuchtung und der Leistungsfähigkeit des Auges herzustellen (weil das vielleicht überhaupt nur, wie später gezeigt wird, im Zusammenhang mit einer bestimmten Arbeitshandlung festgestellt werden kann), so ist es immerhin schon gelungen, den komplexen Begriff der Leistungsfähigkeit des Auges auf 3 einfache Empfindungsfähigkeiten zurückzuführen, die der genauen Messung zugänglich sind[4]. Aus den bisher auf diesem Gebiete vorliegenden Messungen ergibt sich, daß das Optimum der Leistungsfähigkeit des Auges bei Beleuchtungstärken liegt, die weit über den heute üblichen liegen. So hat z. B. die Unterschiedsempfindlichkeit des Auges, d. h. die Fähigkeit, feinste Hell-Dunkel-Unterschiede wahrzunehmen, ihr Optimum in einem Bereich der Leuchtdichte zwischen rd. 200 und 20 000 Apostilb[5]. Das erfordert unter Voraussetzung gut reflektierender Arbeitstoffe (z. B. weißes Papier) Beleuchtungstärken zwischen 300 und 30 000 Lux, die bei

---

[1] Vgl. Rachel, ETZ 1931, S. 1235.

[2] Ruffer, Licht u. Lampe Bd. 14, S. 111 (1925); Bd. 16, S. 205 (1927). — Teichmüller, Industr. Psychotechn. Bd. 2, S. 193 (1925).

[3] Teichmüller, Licht u. Lampe Bd. 13, S. 536 (1924).

[4] Vgl. L. Schneider, Licht u. Lampe Bd. 16, S. 803 (1927).

[5] Ein Apostilb, früher „Lux auf Weiß" genannt, ist die Leuchtdichte einer vollkommen diffus reflektierenden Fläche mit dem Reflexionsvermögen 100%, die mit 1 Lux beleuchtet ist.

Verwendung von weniger gut reflektierendem Material noch entsprechend höher sein müssen. Ein Vergleich dieser Werte mit den durch die natürliche Tagesbeleuchtung erzielten Beleuchtungstärken ergibt die nicht sehr überraschende Tatsache, daß die notwendigen Beleuchtungsstärken in der Größenordnung der durch das natürliche Tageslicht erzeugten Beleuchtungstärken im Freien und in sehr gut durch Tageslicht beleuchteten Innenräumen liegen. (Dieser Vergleich zeigt aber auch weiterhin, daß es heute noch sehr viele Räume gibt, in denen das natürliche Tageslicht auch in den hellen Tageszeiten nicht ausreicht.)

Man wird einwenden, daß man bisher bei künstlicher Beleuchtung mit viel geringeren Beleuchtungstärken ausgekommen ist und daß sich dabei keine Schädigungen des Auges oder Ermüdungserscheinungen eingestellt hätten. Das ist ein Irrtum. Weil das Auge infolge der stark wechselnden Beleuchtungsverhältnisse in der Natur gezwungen ist, sich Änderungen der Beleuchtungsverhältnisse in weitesten Grenzen anzupassen, wird einem nicht unmittelbar fühlbar bewußt, daß diese Anpassung bei zu geringen oder zu hohen Beleuchtungstärken auf Kosten der Leistungsfähigkeit des Auges geht. Die hierbei auftretenden Ermüdungserscheinungen werden zu gern anderen Einflüssen zugeschrieben. Es wird aber später noch an einigen Beispielen gezeigt werden, wie stark die Leistungsfähigkeit des Menschen durch die Beleuchtung beeinflußt werden kann.

Mit der Erhöhung der Lichtausbeute unserer heutigen Lichtquellen nahm auch gleichzeitig ihre Leuchtdichte zu, und damit trat ein Nachteil immer stärker in Erscheinung, der die Leistungsfähigkeit des Auges herabsetzt, nämlich die Blendung. Die Vermeidung der Blendung durch Herabsetzung der Leuchtdichte und damit Veredelung des Lichtes hat naturgemäß wie jede Materialveredelung einen gewissen Mehraufwand an Energie zur Voraussetzung, der aber auch aus anderen Gründen, auf die später eingegangen wird, ohnedies notwendig ist.

Weiterhin haben sich die Anforderungen an die Beleuchtung bei einer bestimmten Arbeit im Laufe der Jahre dadurch erhöht, daß sich die Arbeitsbedingungen für das Auge verschärft haben. So waren früher die im Bürobetriebe vorhandenen Kontraste (Tinte auf weißem Papier) 1 : 10 bis 1 : 20. Im heutigen Bürobetrieb, wo fast ausschließlich mit der Schreibmaschine und teilweise auf farbigen Papieren geschrieben, wo Durchschläge und Kopien gelesen werden, wo Bleistift und Kopierstift an die Stelle von Tinte getreten sind, besonders auch bei den weitverbreiteten Durchschreibeverfahren, sind die Kontraste auf 1 : 8 bis herunter auf 1 : 2 gesunken. Damit das Auge beim Erkennen geringer Kontraste die gleiche Leistungsfähigkeit wie bei hohen hat, müssen bei geringeren Kontrasten wesentlich höhere Beleuchtungstärken verwendet werden. Die gleichen Überlegungen gelten auch für Fabrikbetriebe, wo z. B. durch die Arbeit am laufenden Band die Zeit, die zum Sehen zur Verfügung steht, begrenzt ist, wo sich die Arbeitsgeschwindigkeit von Maschinen im Laufe der Jahre erhöht hat, und auch für die heute sich immer weiter steigernde Geschwindigkeit des Automobilverkehrs auf der Straße; denn je höher die Geschwindigkeit des Vorganges, je kürzer also die zur Beobachtung von Einzelheiten zur Verfügung stehende Zeit, desto geringer ist die Empfindlichkeit des Auges, und dies kann nur wieder durch höhere Beleuchtungstärken ausgeglichen werden. Diesem Umstande tragen die in diesem Jahre neu herausgegebenen Leitsätze der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft Rechnung. Während früher für feine Arbeit (z. B. Büroarbeit) 60 ... 90 Lux verlangt wurden, werden neuerdings bei Allgemeinbeleuchtung 150 Lux empfohlen, bei Arbeitsplatzbeleuchtung 300 bis 1000 Lux mit einer zusätzlichen Allgemeinbeleuchtung des ganzen Raumes von 40 Lux. Für sehr feine Arbeiten (z. B. technisches Zeichnen, feinmechanische Arbeiten) wurden früher 90 ... 250 Lux gefordert, heute werden für reine Allgemeinbeleuchtung 300 Lux empfohlen, für Arbeitsplatzbeleuchtung 1000 ... 5000 Lux mit einer zusätzlichen Allgemeinbeleuchtung des ganzen Raumes von 50 Lux. Für stärksten Verkehr in Großstädten wurden früher 5 ... 10 Lux, heute werden mindestens 15 Lux gefordert und 30 Lux empfohlen. Berücksichtigt man, daß einerseits selbst die in den früheren Leitsätzen der DBG geforderten Beleuchtungstärken in vielen Beleuchtungsanlagen noch nicht erreicht sind, und anderseits, wie die weiter unten angeführten Untersuchungen zeigen, daß die wirtschaftlichen Beleuchtungstärken vielfach noch höher liegen als die in den Leitsätzen empfohlenen Werte, so kann man wohl mit Recht behaupten, daß auch dem Gebiete der Arbeitsbeleuchtung für die intensive Weiterentwicklung der Lichtanwendung noch ein weites Feld offen steht.

Auch die Änderung in den Anschauungen über die Bewertung der Beleuchtung führt zwangläufig zu einer Steigerung des Energieaufwandes für Licht. Während man bisher die Beleuchtung nach der Beleuchtungstärke in einer Ebene, sei es der Arbeitsfläche (wie Schreibtisch, Zeichentisch usw.) oder der mittleren horizontalen Ebene in 1 m über dem Fußboden bewertete und auch heute noch bewertet, bis ein neues besseres System endgültig ausgebaut ist und sich bewährt hat, bricht sich schon die Erkenntnis immer mehr Bahn, daß die Beleuchtung räumlich betrachtet werden muß[6], da ja die Gegenstände, die beleuchtet werden sollen, im allgemeinen keine einfache Ebene, sondern dreidimensionale Gebilde sind, deren Oberflächenteile theoretisch in unendlich vielen Neigungen zur Horizontalen liegen. Dies führt zur Forderung, daß die Beleuchtung nicht mehr nur in einer Ebene gut sein muß, sondern in allen für die Beobachtung eines Gegenstandes oder für die Verrichtung einer Arbeitshandlung wichtigen Ebenen. Das bedeutet, daß in vielen Fällen das Licht nicht vorwiegend aus einer Richtung (eine oder wenige Lampen an der Decke), sondern aus möglichst vielen Richtungen auf die wichtigsten Punkte im Raum auftreffen muß. Diese Erhöhung der Diffusität der Beleuchtung muß natürlich mit einem größeren Energieaufwand erkauft werden.

Diese Überlegung gilt nicht nur für Arbeitsräume, sondern in gleichem Maße auch für die Straßenbeleuchtung. Auch hier kann man sich nicht mehr mit der Beleuchtung auf der horizontalen Straßenoberfläche begnügen; auch hier ist das Beleuchtungsproblem ein Raumproblem, das sich im wesentlichen auf das Verhältnis zwischen Horizontal- und Vertikalbeleuchtung an jeder Stelle des für das Sehen nutzbaren Straßenraumes beschränken läßt. Dieses Verhältnis soll ähnlich wie bei Tage möglichst konstant sein. Deshalb wird die Entwicklung einer guten Straßenbeleuchtung in der Richtung einer möglichst gleichförmigen Horizontal- und Vertikalbeleuchtung zu einer Verringerung der Lampenabstände und Vergrößerung der Aufhängehöhe führen[7], ein Ziel, dessen Erreichung im Vergleich zum bisherigen Stande der Straßenbeleuchtung noch in größerer Ferne liegt.

Diese Überlegungen treffen auch in gleichem Maße auf die Räume zu, die nicht der Arbeit, sondern der Erholung und Erbauung dienen, und auf alle Gebiete der Lichtanwendung, wo das Licht nicht zum Beleuchten, sondern nur zum Leuchten benutzt wird. Während früher in den oben gekennzeichneten Räumen die Lichtquellen nachträglich im fertig gebauten Raum angebracht wurden, gehen die Architekten heute mehr und mehr dazu über, das Licht als Bauelement zu betrachten und nicht die Beleuchtungskörper, sondern das Licht in die Architektur des Raumes einzufügen. Dies führt in den meisten Fällen zur Ausbildung großer leuchtender Flächen und zur Anwendung der sog. indirekten Beleuchtung[8]. Hierbei ist der doppelte bis dreifache Energieaufwand gegenüber den früher gebräuchlichen in den Raum gehängten Lichtquellen erforderlich. Das gleiche gilt auch für die lichtarchitektonische Ausgestaltung von Fassaden und für die neuere Entwicklung der Lichtreklame, wobei die sichtbaren Glühlampen durch Leuchtbuchstaben verdrängt werden, die mit lichtstreuendem Material abgedeckt sind.

II.

Ist nun dieser Mehraufwand auch tragbar und wirtschaftlich gerechtfertigt? Stehen die damit erzielten Verbesserungen der Leistung und des Stimmungsgehaltes des Raumes in einem erträglichen Verhältnis zu den Mehrkosten? Man wird vielfach heute noch geneigt sein, diese Frage zu verneinen, da man allgemein die Höhe der durchschnittlichen Ausgaben für Licht gefühlsmäßig überschätzt. Wer sich aber erst einmal die Mühe macht, die wirklichen Beleuchtungskosten zu ermitteln und sie ins Verhältnis zu anderen Ausgaben zu setzen[9], der wird überrascht sein, wie gering die Aufwendungen für Licht sind. Wenn sich erst die Erkenntnis weiter durchgesetzt hat, daß das Licht ein ebenso wichtiger Teil der Raumausstattung ist wie die Ausstattung der Wände, des Fußbodens, der Möbel usw., wird man nicht mehr zögern, in einem Raume, auf dessen gute Wirkung man Wert legt, in dem z. B. der Boden mit Teppichen belegt ist, an den Wän-

---

[6] Arndt, Licht u. Lampe Bd. 17, S. 247 u. 833 (1928); Bd. 19, S. 537 (1930). — Lingenfelser, Licht u. Lampe Bd. 17, S. 313; Bd. 19, S. 619 (1930). — Bloch, Licht u. Lampe Bd. 19, S. 663 (1930).
[7] Lingenfelser, Das Licht Bd. 1, S. 300 (1931).
[8] Vgl. Summerer, Licht u. Lampe Bd. 18, S. 1107 (1929).
[9] Vgl. G. Schmidt, Das Licht Bd. 1, S. 156 (1931).

den Gemälde hängen, die Möbel aus edlen Hölzern bestehen, auch die Beleuchtung ebenso zu veredeln. Man kann in diesen Fällen die Beleuchtung natürlich nicht mehr nach der Beleuchtungstärke in einer horizontalen Ebene in 1 m Höhe über dem Boden bewerten, sondern nach dem Stimmungsgehalt, den das Licht dem Raume gibt. Denn ebenso wie ein Unterschied besteht zwischen dem Klangcharakter eines dünn besetzten und dem eines voll besetzten Orchesters, ist ein Unterschied zwischen einer gleichstarken Horizontalbeleuchtung, hervorgerufen durch eine Lampe in der Mitte des Raumes, und dem den Raum erfüllenden und ihn schmückenden Lichte einer neuzeitlichen, dem Stimmungsgehalt des Raumes angepaßten Beleuchtung.

Wo man die Kosten für die Beleuchtung mit den Ausgaben vergleichen kann, die durch die Nachteile schlechter Beleuchtung verursacht werden, wird man immer sehen, daß die Kosten für gute Beleuchtung geringer sind als die Kosten, die durch schlechte Beleuchtung verschuldet werden. So läßt sich sicherlich für einen Bruchteil des durch Verkehrsunfälle angerichteten Schadens und der hierfür aufgewandten und ausgezahlten Geldbeträge eine Verkehrsbeleuchtung schaffen, die alle die Unfälle, die durch schlechte Beleuchtung verschuldet oder mitverschuldet sind, verhindern würde.

In der allerletzten Zeit sind an Hand von Untersuchungen Zahlen ermittelt worden, die zeigen, daß der Mehraufwand für gute Beleuchtung geringer ist als die wirtschaftlichen Vorteile infolge der damit erzielten höheren Leistungsfähigkeit des Auges und des Menschen. Sie zeigen also, daß gute Beleuchtung wirtschaftlicher ist als schlechte, daß demzufolge sich mit guter Beleuchtung Geld verdienen läßt. In einer vom Department of scientific and industrial research, London, angestellten Untersuchung wurde ermittelt, daß die in der Stunde gesetzte Zahl von Buchstaben und damit also die Leistungsfähigkeit von Setzern bei einer Beleuchtungstärke von ungefähr 20 Lux 77 % der Leistungsfähigkeit bei Tage beträgt, daß sie bei 100 Lux 90 % beträgt und bei 300 Lux ebenso hoch ist wie bei Tage. Die Summe der Lohnkosten und Beleuchtungskosten für eine bestimmte Anzahl gesetzter Lettern bei den verschiedenen Beleuchtungstärken ergibt dann, daß die Setzarbeit bei guter Beleuchtung von 300 Lux je nach den Strompreisen und Stundenlöhnen um 16 ... 22 % billiger ist als bei schlechter Beleuchtung von 20 Lux und um 9 ... 10 % billiger als bei ungenügender Beleuchtungsstärke von 100 Lux[10].

In einer über den Zeitraum von 2 Jahren sich erstreckenden Versuchsreihe in einem deutschen Steinkohlenbergwerk[11] wurde gezeigt, daß die Leistungsfähigkeit des Bergmanns durch neuzeitliche Beleuchtung um rd. 25 % gesteigert werden konnte; die Beleuchtungskosten stiegen dabei von rd. 5 Pf/t auf rd. 10 Pf/t bei einem Lohnanteil von rd. 4 RM/t. Der Bergegehalt der Kohle ging von 9,4 auf 4,6 % zurück; ebenso wurde die Zahl der Unfälle verringert. Neuere noch nicht veröffentlichte Untersuchungen auf diesem Gebiete bestätigen diese Ergebnisse.

In einer umfangreichen Laboratoriums- und Betriebsuntersuchung über die Leistungsfähigkeit des Webers am Webstuhl in einer Wollweberei[12] ergab sich, daß bei einer Steigerung der Beleuchtungstärke auf rd. 600 Lux und Verwendung von stark gerichtetem Licht mit schrägem Lichteinfall die Arbeitsgeschwindigkeit des Webers am Webstuhl um 25 % gestiegen ist bei Verarbeitung heller Stoffe und um 35 % bei Verarbeitung dunkler Stoffe. Dies hatte eine Erhöhung des Webstuhl-Wirkungsgrades von 72,8 auf 78 % bei hellen und von 71,2 auf 78,5 % bei dunklen Stoffen zur Folge. Diese Beleuchtung erfordert den dreifachen Leistungsaufwand (300 W je Webstuhl) gegenüber der alten Beleuchtung. Die für die Neuanlage und den Betrieb dieser verbesserten Beleuchtung erforderlichen Kosten sind aber geringer als die durch die Leistungsteigerung erzielten Mehreinnahmen. Es konnte also infolge der verbesserten Beleuchtung ein Überschuß je Webstuhl von 4 bzw. 6 Pf/h erzielt werden, wobei die Verbesserung der Qualität des gewebten Stoffes noch nicht in Rechnung gesetzt worden ist. Eine Nachprüfung dieser Ergebnisse in einer großen Juteweberei[13] bestätigte nicht nur diese Ergebnisse, sondern zeigte darüber hinaus noch, daß sich in diesem Fall die neue Beleuchtungsanlage in einem Jahre vollkommen amortisiert und daß für die weiteren Jahre über die um ein Geringes höheren Betriebskosten hinaus ein erheblicher jährlicher Überschuß verbleibt. Weitere Untersuchungen, die noch im Gange sind, zeigen ein ähnliches Resultat. Es kann mit großer Bestimmtheit behauptet werden, daß in sehr vielen Fällen durch eine Erhöhung des Aufwandes für Beleuchtung die Arbeit wirtschaftlicher gestaltet wird.

Interessant ist bei der obenerwähnten Untersuchung in der Wollweberei, daß die Arbeitsgeschwindigkeit des Webers bei den einzelnen Arbeitsvorgängen am Webstuhl bei der erwähnten Beleuchtungstärke von 600 Lux noch nicht ihr Optimum hat, daß vielmehr durch weitere Steigerung der Beleuchtungstärke auf etwa über 2000 Lux auch die Arbeitsgeschwindigkeit des Webers um insgesamt 50 bzw. 60 % (helle bzw. dunkle Stoffe) und der Wirkungsgrad der Webstühle auf rd. 82 % gegenüber 72,8 bzw. 71,2 % bei der ungenügenden alten Beleuchtung gesteigert werden kann. Diese weitere Steigerung der Beleuchtungstärke über 600 Lux hinaus ergab aber bei dem augenblicklichen Stand der im Produktionsprozeß entstehenden verschiedenen Arten von Kosten keine Verbesserung der Wirtschaftlichkeit.

Weitere Untersuchungen haben die Wirtschaftlichkeit verbesserter Beleuchtung bei richtiger Anwendung des Lichtes im Gewächshaus für die Pflanzenzucht und in der Landwirtschaft für die Legetätigkeit der Hühner zahlenmäßig bewiesen[14].

Aus den angeführten Beispielen verschiedener Arbeitsgebiete ergibt sich, daß gute Beleuchtung wirtschaftlicher ist als schlechte, ja daß sich mit guter Beleuchtung noch zusätzliche Gewinne erzielen lassen. Die Ausgestaltung dieser Beleuchtungsanlagen ist also viel mehr eine wirtschaftliche Notwendigkeit als eine Frage des Wohlstandes. Die oben geschilderten Entwicklungsmöglichkeiten der Beleuchtung auf allen Gebieten des menschlichen Lebens und Wirkens zeigen, daß die Zukunft der Lichtversorgung auf dem Gebiete der intensiven Entwicklung der Lichtverwendung liegt und daß hier noch ein großer Bedarf der Befriedigung harrt.

III.

Was bedeutet nun die Entwicklung der Lichtansprüche für die Stromversorgungs-Unternehmen? Hier wird sich ein Einfluß nach 5 Richtungen deutlich zeigen, nämlich hinsichtlich

der Zahl der Abnehmer,
des Verbrauchs des einzelnen Abnehmers,
des Belastungsverlaufes,
der Benutzungsdauer und
der Rentabilität.

Die Zahl der Abnehmer wird sich dadurch erhöhen, daß der Elektrisierungsgrad in Wohnungen, Läden, Büroräumen usw. sich mehr und mehr den 100 % nähern wird. Im Jahre 1929 waren in Deutschland 73 % aller Haushaltungen mit elektrischem Licht versorgt[15]. Von den restlichen 27 % befanden sich nur 4 % in Ortschaften, in denen die Stromversorgung überhaupt fehlte, während die restlichen 23 % vorwiegend in städtischen Versorgungsbezirken anzutreffen waren, in denen der Übergang von der Gasbeleuchtung zur elektrischen Beleuchtung noch nicht restlos vollzogen ist. Hierzu wird beispielsweise aus Berlin, wo 1930 66 % der vorhandenen Wohnungen elektrisiert waren, berichtet, daß die schlechte Wirtschaftslage die Anschlußbewegung relativ wenig beeinträchtigt hat[16]. Das gleiche wird auch aus Mannheim berichtet. In gleichem Maße schreitet in der Straßenbeleuchtung unserer Städte der Übergang vom Gas zur Elektrizität ständig fort.

Die Zahl der Abnehmer wird sich aber auch um alle diejenigen Anlagen erweitern, in denen überhaupt erstmalig elektrische Beleuchtung verwendet wird. Hier sei nur daran erinnert, daß z. B. Lichtreklame heute von Unternehmungsgruppen wie Banken, Sparkassen, Apotheken, Reichsbahn, Reichspost in ständig steigendem Umfange verwendet wird, die noch vor wenigen Jahren von dem Licht als Werbemittel überhaupt keinen Gebrauch gemacht haben.

Als Beispiele vollständig neuer Beleuchtungsgebiete seien

die Lichtarchitektur,
die Anleuchtung von Gebäuden,
Straßenbeleuchtung in Dörfern und kleinen Städten[17],
Hausnummernbeleuchtung,

[10] Vgl. W. Kircher u. L. Schneider. Das Licht Bd. 1, S. 7 (1931).
[11] Vgl. A. Gaertner u. L. Schneider, Elektr. im Bergbau 1929, S. 221. S. a. ETZ 1926, S. 1625.
[12] Vgl. Goldstern u. Putnoky. Licht u. Lampe Bd. 19. S. 1231 (1930); Industr. Psychotechn. 1930, S. 321 u. 353: **Referat erscheint demnächst in der ETZ.**
[13] Vgl. Goldstern u. Putnoky, Industr. Psychotechn. Bd. 8 (1931), S. 257.
[14] Vgl. Vogl, Deutsch. landwirtsch. Geflügel-Zg. 1929, S. 11. — L. Schneider u. Vogl, Das Licht Bd. 1, S. 100 (1931). Ferner ETZ 1931, S. 910.
[15] W. Rohrbeck, Elekt.-Wirtsch. Bd. 29, S. 638 (1930).
[16] Jahrbuch der BEWAG-Verkehrsdirektion 1930 S. 94 und S. 103. Geschäftsbericht der Städt. Werke Mannheim für das Jahr 1930.
[17] Über Erhöhung des kWh-Verbrauchs und der Brennstellenzahlen vgl. B. Seeger, Elekt.-Wirtsch. Bd. 30, S. 565 (1931).

Wegweiserbeleuchtung,
Sportplatzbeleuchtung,
Beleuchtung der Boden- und Kellerräume in Mietshäusern,
Beleuchtung von Tankstellen

genannt. Die Zahl dieser neuen Anwendungsarten des künstlichen Lichtes wird in schnellem Tempo wachsen, je mehr jeder Lichtverbraucher seinen Energiebedarf nach lichtwirtschaftlichen Überlegungen zu bestimmen lernt.

Die Größe des Verbrauchs des einzelnen Abnehmers zeigt beträchtliche Unterschiede. Es ist nicht zu bestreiten, daß der Verbrauch der Kleinabnehmer, insbesondere der jetzt noch neu hinzukommenden, zunächst außerordentlich niedrig ist. Im Versorgungsgebiet der Akt.-Ges. Sächsische Werke z. B. hatten im Jahre 1930 167 100 Kleinabnehmer einen Durchschnitts-Jahresverbrauch von nur 115 kWh je Abnehmer für Licht. Hier bedeutet aber eine geringfügige Anschlußwerterhöhung der Beleuchtung, z. B. um nur 50 W, bei einer Einschaltzeit von nur 1½ h täglich schon einen Jahresmehrverbrauch von 27,35 kWh, der eine Steigerung des Jahresstromverbrauchs des einzelnen Kleinabnehmers um 23 % darstellt.

In der deutschen Landwirtschaft[18] beträgt z. Z. der mittlere Anschlußwert der Glühlampe 31,5 W, der durchschnittliche Jahresstromverbrauch 10,9 kWh. Auch diese Zahl wird durch Verbesserung der vorhandenen Beleuchtungsanlagen, insbesondere in den Arbeitsräumen und durch Neuanlagen im Hühnerstall, eine Steigerung erfahren[18]. Beim Vorhandensein geeigneter Tarife nimmt heute bereits in landwirtschaftlichen Gebieten die Lampengröße zu, da die Ansicht, daß bessere Beleuchtung die Arbeit erleichtert, schon bis zum Landwirt vorgedrungen ist[19].

Die Märkische Elektrizitätswerke AG. nannte für ihr Versorgungsgebiet als typischen Jahresverbrauch je Abnehmer in Orten mit vorwiegendem Lichtverbrauch in Haushaltungen

für 1928 . . . . 214 kWh
„ 1929 . . . . 224 „
„ 1930 . . . . 248 „

Die Entwicklung der Lichtstromabgabe in Städten spiegelt sich beispielsweise in folgenden Zahlen wider:

In Stuttgart wurden für Licht allein (Kleinabnehmer jedoch ohne Wohnungs-Lichtverbrauch) abgegeben:

1925 . . . . 5 705 000 kWh
1930 . . . . 10 350 000 „ ,

woraus sich eine Steigerung um 81,3 % ergibt.

In Stettin betrug die Lichtstromabgabe an Kleinabnehmer einschließlich Wohnungen

1925 . . . . 7 139 000 kWh
1930 . . . . 13 013 000 „ ,

die Steigerung also 96 % innerhalb von 5 Jahren bei einem Strompreis von 50 Pf/kWh.

Trotz dieser überaus raschen Steigerung ist die Entwicklung auch in den Städten erst im Anfang. Besonders die Wohnungsbeleuchtung ist im allgemeinen noch in unzureichenden Grenzen gehalten, weil man noch nicht gelernt hat, durch Licht zu sparen statt an Licht zu sparen. In Berlin betrug im Jahre 1930 der Jahresstromverbrauch (einschl. Elektrogeräte) im Durchschnitt aller Wohnungen verschiedener Größe in 11 Bezirken 155 bis 366 kWh je Wohnung. Der Jahresstromverbrauch einer Wohnung mit 4 Zimmern und Küche ist mit durchschnittlich 325 kWh festgestellt[20], während er sich in lichtwirtschaftlich aufgeklärten Kreisen bei gleicher Wohnungsgröße zwischen 700 und 1000 kWh allein für Licht bei Anschlußwerten von 0,8 ... 1,1 kW in Haushaltungen von 2 ... 5 Personen bewegt.

Wesentlich höhere Verbrauchsziffern zeigen sich naturgemäß bei den Großlichtverbrauchern. Bei einer 1930 in Berlin durchgeführten Untersuchung[21] über den Stromverbrauch der Hochspannungsabnehmer ergab sich bei 192 Großlichtverbrauchern ein Gesamtverbrauch von 61 000 000 kWh, also ein durchschnittlicher Jahresverbrauch von 317 000 kWh je Abnehmer, während 518 Großkraftverbraucher einen Jahresumsatz von 188 200 000 kWh erreichten, der durchschnittliche Jahresbedarf also 363 320 kWh je Abnehmer betrug. Man ersieht aus diesen Zahlen, daß der Energiebedarf der Großlichtverbraucher (Waren-, Bürohäuser, Restaurants, Hotels, Theater, Vergnügungsstätten) heute schon recht beträchtliches Ausmaß erlangt hat, so daß er nur noch um etwa 12 ... 13 % hinter dem der Berliner Großkraftverbraucher zurückblieb.

[18] Vgl. Förtzsch, Elekt.-Wirtsch. Bd. 29, S. 389 (1930).
[19] Vgl. E. Werner, Das öffentl. Elektr.-Werk Bd. 3, S. 219 (1931).
[20] Vgl. Jahrbuch der BEWAG-Verkehrsdirektion 1930, S. 79.
[21] Vgl. Peters, Das Licht Bd. 1, S. 95 (1931).

Auch der Stromverbrauch der öffentlichen Beleuchtung in Deutschland zeigt ein außerordentlich schnelles Anwachsen. Er betrug noch im Jahre 1925 etwa 50 Mill kWh und im Jahre 1930 bereits 138 Mill kWh, hat sich also im Verlaufe von 5 Jahren um 176 % gesteigert[22].

Aus dem Gebiete der Industriebeleuchtung stehen den Verfassern Stromverbrauchszahlen z. Z. nicht zur Verfügung. Solange die Industriebeleuchtung nur auf die astronomischen Dunkelstunden beschränkt bleibt, wird der Energiebedarf in überwiegendem Maße von dem Beschäftigungsgrad des betreffenden Unternehmens, der Länge der Arbeitszeit, der Anzahl der Nachtschichten abhängig sein. Wenn man jedoch auf Grund lichtwirtschaftlicher Überlegungen dazu übergeht, die Beleuchtung allgemein zu verbessern und ungenügend mit Tageslicht versorgte Arbeitsplätze in Tagesstunden auch künstlich zu beleuchten, wird sich hier ebenfalls ein ständig wachsender Energiebedarf entwickeln.

Für alle Gruppen von Lichtverbrauchern kann zusammenfassend außerdem gesagt werden, daß mit der Erhöhung der Lichtansprüche früher eingeschaltet und später ausgeschaltet wird, so daß sich auch hieraus eine Erhöhung des Elektrizitätsverbrauchs ergeben muß. Welcher zusätzliche Strombedarf hieraus entsteht, zeigt heute schon in jedem Elektrizitätswerk der Verlauf der Belastungskurven zweier Tage des gleichen Monats mit Sonnenschein und mit trübem Wetter oder Nebel, ganz abgesehen von dem plötzlich einsetzenden Mehrverbrauch bei Gewitter in Tagesstunden.

Die vielseitigere Anwendung des künstlichen Lichtes mit der längeren Benutzung der errichteten Anlagen führt nämlich zu einer weitgehenden Änderung des Belastungsverlaufes der verschiedenen Gruppen von Lichtabnehmern. Würde die Entwicklung der Lichtversorgung nur darauf beschränkt sein, die früher vorhandenen Lichtquellen durch elektrische zu ersetzen, so würde der relativ geringbleibende Strombedarf sich auf wenige Stunden nach Sonnenuntergang und vor Sonnenaufgang zusammendrängen. Die Entwicklung der Lichtwirtschaft führt aber zur starken Entwicklung des Nachtstromverbrauchs. Als Beweis hierfür sei die obengenannte Steigerung des Stromverbrauchs der öffentlichen Beleuchtung Deutschlands angeführt, ferner die Feststellung, daß die Gruppe der 192 Berliner Großlichtverbraucher 44 % ihres Energiebedarfes als Nachtstrom verbraucht hat, während die Gruppe der 518 Großkraftabnehmer nur 29 % als Nachtstrom bezogen hat[23].

Auch am Tage hilft heute das künstliche Licht in größerem Umfange als allgemein bekannt ist zur Ausfüllung der Täler in den Belastungskurven der Elektrizitätswerke mit. „Besonders in Großstädten brennen Warenhäuser fast den ganzen Tag über Licht"[24]. Weiterhin ist auch der Stromverbrauch für die Beleuchtung der Büros, Verwaltungsgebäude und Banken in der Zeit von 8 ... 19 h als recht erheblich zu bezeichnen[25]. Zwischen dem Tages- und Nachtstromverbrauch bleibt allerdings die Belastung zur Zeit der Werkspitze, an der das Licht erheblich beteiligt ist. Über den Umfang der Beteiligung liegen leider nur wenige Feststellungen vor, die aber zeigen, daß der Anteil des Lichtes nicht immer richtig eingeschätzt wird. Unter der Gruppe der Lichtverbraucher dürfte hier den größten Anteil die Schaufenster- und Ladenbeleuchtung haben. Ihre Entwicklung hat aber zu einer erheblichen Verbreiterung der Spitze beigetragen, wie z. B. folgende Zahlen des Elektrizitätswerkes Stuttgart zeigen, das in den Jahren 1926/27 begonnen hat, für die Verbesserung der Schaufenster- und Ladenbeleuchtung zu werben[26]:

Zahlentafel 1.

Jahr	insgesamt verkauft kWh	höchste Belast.-Spitze kW	Zunahme d. Spitze gegenüb. 1925 %	für Licht (oh. Wohn.) verkauft kWh	Zunahme der für Licht verkauften kWh gegenüber 1925 %	Zunahme des Spitzenant. f. Licht gegenüber 1925 %
1925	70 014 000	35 220	—	5 705 000	—	—
1926	75 531 000	39 656	12,6	7 098 000	24,4	10
1927	96 235 000	46 800	32,8	8 810 000	54,4	26
1928	109 541 000	50 737	44	9 915 000	73,5	35
1929	121 677 000	52 722	49,6	10 451 000	83,0	40
1930	119 800 000	49 325	40	10 350 000	81,3	32

Andere Gruppen, wie beispielsweise die Wohnungsbeleuchtung, sind dagegen an der Spitze verhältnismäßig wenig beteiligt, wie folgende Feststellung zeigt[27]:

[22] Vgl. B. Seeger, wie Fußnote 17.
[23] Vgl. Peters, wie Fußnote 21.
[24] Vgl. Adolph und Mitarbeiter, Bericht Nr. 42 zur 2. Weltkraftkonferenz.
[25] Vgl. Peters, wie Fußnote 21.
[26] Vgl. Birkhäuser, Werbeleiter Bd. 6, S. 149 (1931).
[27] Vgl. Bericht Nr. 42 zur 2. Weltkraftkonferenz, S. 14.

„Wenn man aus der Tageskurve der Gesamtbelastung die Belastung für Wohnungen aussondert, so ergibt sich die überraschende Tatsache, daß die Höchstbelastung durch Wohnungen außerhalb der Belastungspitze des Kraftwerkes auftritt", und zwar im angeführten Falle erst um 20 h, während die Belastungspitze des Werkes zwischen 16 und 17 h lag.

Auch von den Großlichtverbrauchern sind die meisten zur Zeit der Werkspitze nicht mit ihrer eigenen Höchstlast eingeschaltet, wie sich aus der Feststellung des arithmetischen Durchschnittes der bezahlten Leistungen (die höchste von einem Abnehmer während eines Monats halbstündig in Anspruch genommene Leistung bestimmt den Leistungspreis), der Messung der Gruppenhöchstlast und der Gruppenlast zur Zeit der Werkshöchstlast ergibt. Hierfür und für die Benutzungsdauer des Spitzenanteils der Berliner Großlichtverbraucher sind von W. Peters folgende Zahlen veröffentlicht worden[28].

Zahlentafel 2.

Abnehmergruppe	Zahl der Abnehmer	bezahlte Leistung kW	Gruppen-Gleichzeitigkeitsfaktor	Gruppenhöchstlast kW	Gruppenlast z. Z. der Werkshöchstlast kW	Benutzungsdauer der Gruppenlast z. Z. der Werkshöchstlast h
Hotels, Pensionen	12	1 875	0,81	1 710	1 522	4800
Gast- und Vergnügungstätten	57	5 290	0,57	3 516	3 034	5462
Büros, Verwaltungsgebäude, Banken usw.	31	4 447	0,54	2 626	2 405	3487
Theater, Kinos usw.	42	4 828	0,32	3 241	1 560	5052
Warenhäuser und sonstige Verkaufsstätten	50	9 803	0,88	8 921	8 629	2413
Großlichtabnehmer insgesamt	192	26 243	0,65	18 400	17 150	3556

Wie man sieht, liegt die Gesamtbenutzungsdauer des Spitzenanteils der Großlichtverbraucher bei 3556 h und liegt damit über der Gesamtbenutzungsdauer der Berliner Städtischen Elektrizitätswerke (3140 h). Einzelne Gruppen erreichen noch eine wesentlich höhere Benutzungsdauer, die bei den Gast- und Vergnügungstätten die beachtliche Höhe von 5262 h erzielt. Bei dieser Gruppe beträgt außerdem der Gleichzeitigkeitsfaktor 0,32 und der Nachtstromanteil 59 %. Die Belastungsverhältnisse können mithin als besonders günstig angesehen werden.

Eine gerechte Beurteilung des Spitzenproblems würde zur Voraussetzung haben, daß für alle Lichtverbraucher der Anteil an der Werkspitze und dessen Benutzungsdauer ermittelt werden könnte. Das ist leider nicht der Fall, sondern meistens muß man sich auf die Feststellung der Benutzungsdauer des Anschlußwertes beschränken.

Die Benutzungsdauer des Anschlußwertes der öffentlichen Beleuchtung in Deutschland ist von 2090 h im Jahre 1925 auf 2550 h im Jahre 1929 im Durchschnitt aller deutschen Elektrizitätswerke gestiegen. Im Jahre 1930 lag die Benutzungsdauer der öffentlichen Beleuchtung in Großstädten mit mehr als 100 000 Einwohnern bei 3000 h, in Städten mit 20...100 000 Einwohnern bei 2800 h und bei Überlandgebieten bei 1900 h[29]. In der Landwirtschaft[30] beträgt die Benutzungsdauer allerdings nur 346 h je Glühlampe. „Auch diese Zahl wird sich durch erhöhte Lichtverwendung in der Landwirtschaft wesentlich steigern lassen. Anderseits ist bemerkenswert, daß die Benutzungstunden für Licht wesentlich höher als die Gesamtbenutzungstunden liegen, da die Benutzungsstunden der Motoren überall gering sind."

Die Erhöhung des Elektrisierungsgrades in Verbindung mit der Erhöhung des Lichtstromverbrauches des einzelnen Abnehmers und der Verbesserung der Benutzungsdauer der Lichtanlagen führt zu einer besseren Ausnutzung des in den Erzeugungs- und Verteilungsanlagen investierten Kapitals, gleichzeitig aber auch zu einer Erhöhung der Rentabilität des gesamten Verwaltungsapparates, da die Kosten der Zählerablesung, Rechnungausstellung und Einkassierung bei den einzelnen Abnehmern erst mit der Erhöhung des Energieverbrauchs in ein besseres Verhältnis zum erzielten Umsatz kommen können. Für die Rentabilität des Elektrizitätswerksbetriebes ist die Entwicklung des Energiebedarfs der Lichtverbraucher von außerordentlicher Bedeutung, weil die nicht zuletzt infolge der Konkurrenzlosigkeit des elektrischen Lichtes allgemein bei Lichtverbrauchern erzielten Preise über denjenigen der Klein- und Großabnehmer für Kraft und Wärme zu liegen pflegen. Diesen Einfluß zahlenmäßig zu erfassen, ist im allgemeinen nur den Elektrizitätswerken selbst möglich. Das veröffentlichte Zahlenmaterial gestattet einen solchen Einblick nur in den seltensten Fällen, wie z. B. in Mannheim[31], wo die durchschnittliche Einnahme je kWh im Jahre 1930 betrug

für Lichtabnehmer	38,91	Pf
„ Kleinkraftabnehmer	19,90	„
„ Hochspannungsabnehmer	7,67	„
„ die Abnehmer nach Sondertarif II	21,12	„
„ den Verbrauch der Stadt	13,79	„
„ die Straßenbeleuchtung	31,60	„
„ die Straßenbahn	9,00	„

In Mannheim betrug 1930 der Anteil des Lichtstromes an der Gesamtstromabgabe 20,6 %, an der Gesamteinnahme dagegen (einschl. Straßenbeleuchtung) 50,7 %. In kleineren Städten ohne Industrie liegt der Anteil des Lichtes sowohl an der Gesamtstromabgabe als auch an der Einnahme noch wesentlich höher. In Wesermünde z. B. betrug

1929/30 der Anteil des Lichtes an der Stromabgabe (kWh)	49,75%
1930/31 „ „ „ „ „ „ „ „	50,9%
1929/30 der Anteil des Lichtes an der Einnahme (RM)	73,5%
1930/31 „ „ „ „ „ „ „ „	75,4%

Beide Anteile haben sich von einem Geschäftsjahre zum anderen noch erhöht, trotzdem die Gesamtstromabgabe und auch die Stromabgabe für Kraft ebenfalls eine Steigerung aufzuweisen haben.

Beachtenswert ist ferner die bekannte Äußerung des Herrn Rehmer, Direktors der BEWAG, Berlin, des Inhaltes, daß die Berliner Städt. Elektrizitätswerke nie den gleichen Gewinn je kWh werde erzielen können wie das benachbarte Elektrizitätswerk Südwest, das fast ausschließlich Licht- und Haushaltstrom abgibt, weil sich für

Zahlentafel 3. Prozentuale Entwicklung der Stromabgabe (in kWh) für Beleuchtung nach den Zahlenangaben der betr. Elektrizitätswerke.

Stadt oder Werk	1. Vergleichsabschnitt 1928 zu 1929 %	2. Vergleichsabschnitt 1929 zu 1930 %	3. Vergleichsabschnitt 1928 zu 1930 %	Bemerkungen
Großstädte				
1. Altona	+ 9,5	+ 13,8	+ 24,6	
2. Hamburg	+ 5,2*	+ 0,1*	+ 5,3*	
3. Frankfurt a.M.	+ 3,5*	—	—	
4. Halle	+ 6,5*	+ 2,0*	+ 8,7*	
5. Leipzig	—	+ 4.5	—	
6. Mannheim	—	— 0,5	—	
7. Stettin	+ 11,9	+ 6,7	+ 19,3	
Mittlere Städte (über 20000 E.)				
8. Erlangen	+ 11,9	+ 3,1	+ 15	
9. Frankfurt a. d. O.	—	+ 8,2	—	
10. Greifswald	+ 20,6	+ 7,1	+ 30	
11. Grünberg	—	—	+ 43,6*	
12. Gütersloh	+ 11,8	+ 6,7	+ 19,3	
13. Pforzheim	+ 10,2*	+ 1,8*	+ 12,1*	
14. Stralsund	— 8,2*	+ 13,2*	+ 4 *	
15. Straubing	+ 12,6*	+ 5,6*	+ 19 *	
16. Wesermünde	+ 9,7*	+ 9,6*	+ 19,9*	
Überlandgebiete				
17. A.G. Sächs. Werke Dresden	—	— 0,02	—	
18. V.E.W. Dortmund	+ 16,2	+ 4,1	+ 20,9	
19. Schlesw.-Holst.-Stromversorg.-A.-G.	—	+ 20,2	—	
20. Hann.-Braunschweigische Stromversorg. A.-G.	—	+ 3,6	—	
21. Westpreuß. Überlandw. Marienwerder	+ 10,7*	+ 5,6*	+ 16,9*	1930/31 ohne Kreis Rosenberg
22. Stromvers. A.-G. Weißenfels-Zeitz	—	+ 0,3	—	
23. M.E.W. Berlin	+ 4,6	+ 10,7	+ 15,8	für Haushalt
	+ 28,7	+ 3,4	+ 33,2	für Gewerbe (Teilergebnis)

* Die Angaben konnten leider nicht für den gleichen Zeitabschnitt zusammengestellt werden, weil einige Elektrizitätswerke die Verbrauchszahlen nach Kalenderjahren, andere aber nach Geschäftsjahren, die meist vom 1. VII. ... 30. VI. laufen, veröffentlicht haben. Die mit einem Stern gekennzeichneten Prozentsätze sind aus Zahlen für die Geschäftsjahre 1928/29, 1929/30 und 1930/31 errechnet.

[28] Wie Fußnote 21.
[29] Vgl. Seeger, wie Fußnote 17.
[30] Vgl. Mörtzsch, wie Fußnote 18.

[31] Geschäftsbericht der Städtischen Werke Mannheim für das Jahr 1930.

Industrie- und Bahnversorgung nicht die gleichen Preise erzielen lassen wie für Beleuchtung[32].

Aber nicht nur die Höhe der erzielten Preise, sondern auch die verhältnismäßig große Unabhängigkeit des Lichtstrombedarfs von der jeweiligen Wirtschaftskonjunktur machen die Lichtstromversorgung für jedes Elektrizitätswerk besonders wertvoll. Die Stabilität des Lichtbedarfs in Krisenzeiten zeigt sich einmal in der vorerwähnten Erhöhung des Stromverbrauchs der öffentlichen Beleuchtung Deutschlands von 1929 auf 1930 in Höhe von 12,1 Mill kWh = 10 % des Vorjahres, fernerhin aber in der in den meisten Geschäftsberichten der Stromversorgungs-Unternehmungen für das Jahr 1930 oder das Geschäftsjahr 1930/31 wiederkehrenden Feststellung, daß sich der Stromabsatz für Beleuchtung gesteigert hat, während der Gesamtstromabsatz einen Rückgang erfahren hat. Zahlenmäßige Angaben für diese Steigerung sind leider verhältnismäßig selten gemacht worden. Die bisher zur Verfügung stehenden Daten (Zahlentafel 3) zeigen aber diese Steigerung ganz offensichtlich. Man sieht aus diesen Zahlen, daß fast überall eine Verbrauchsteigerung für Licht eingetreten ist; wo dagegen ein Rückgang zu verzeichnen ist, hält sich dieser in so bescheidenen Grenzen, daß er nur als ein Stillstand bezeichnet werden kann. Nicht uninteressant ist ein Vergleich zwischen Altona und Hamburg, bei dem zu erwähnen ist, daß Altona einen Grundgebührentarif mit einem Arbeitspreis von 15 Pf/kWh, Hamburg dagegen einen Kilowattstundentarif von 45 Pf/kWh bzw. ab 1. I. 1931 von 42 Pf/kWh für Licht-Kleinabnehmer hat.

Die außerordentliche Steigerung, die der Lichtverbrauch in den wenigen Jahren seit Beendigung des Krieges und der Inflation genommen hat, zeigt deutlich, daß die Entwicklung des elektrischen Lichtbedarfs in extensiver, vor allem aber in intensiver Richtung bedeutende Fortschritte gemacht hat. Besonders wichtig ist hierbei, daß die Fortschritte auf allen Gebieten der Anwendung künstlichen Lichtes zu verzeichnen sind, und daß selbst die schweren Erschütterungen der augenblicklichen Wirtschaftskrise bei einigen Gruppen von Lichtverbrauchern noch eine Steigerung des Verbrauchs nicht verhindert haben, so daß sich gerade der Lichtbedarf als außerordentlich stabil erwiesen hat.

Diese starke Widerstandsfähigkeit der Entwicklung des Energieverbrauches für elektrische Beleuchtung beweist, daß es sich hier um ein Anwendungsgebiet der Elektrizität handelt, in dem ein ganz neuer erstmaliger Bedarf von großer Dringlichkeit für die ganze Bevölkerung auftritt. Zweifellos wird die Entwicklung der guten Beleuchtung durch die augenblickliche überaus schwere Wirtschaftskrise außerordentlich gehemmt. Wenn trotzdem noch eine teilweise Aufwärtsentwicklung zu erkennen ist oder in den restlichen Gebieten die Krise die Entwicklung nur zum Stillstand, nicht aber zum nennenswerten Rückgang zwingt, so ist damit offensichtlich der Beweis erbracht, daß die Beleuchtung nach Eintritt besserer Wirtschaftsverhältnisse einen Aufschwung von heute vielleicht noch ungeahnter Größe nehmen muß. Diese günstige Voraussage kann deshalb gestellt werden, weil gute Beleuchtung von der ganzen Bevölkerung dringend gebraucht wird, aber früher niemals beschafft werden konnte, sich außerdem aber gute Beleuchtung als außerordentlich wirtschaftlich erweist und deshalb der Bevölkerung nur geringe Ausgaben verursacht, ihr aber zu neuem großen Nutzen verhilft. Schließlich darf nicht vergessen werden, daß in der nächsten Zukunft mehr und mehr diejenige Generation bestimmend in die Wirtschaftsgestaltung einzugreifen beginnt, die die Zeiten allgemeiner ungenügender Beleuchtung überhaupt nicht mehr kennen gelernt hat, sondern für die gute Beleuchtung ebenso selbstverständlich ist wie Flugzeug, Rundfunk, Kraftwagen und Fernsprecher.

[32] Vgl. Rehmer, Deutsche Allg. Ztg. vom 2. III. 1930, ETZ 1930, S. 1289.

Die Berechnung der Amperewindungen in den Ankerkernen elektrischer Maschinen.

Von D. Harms, Charkow.

Übersicht. Ausgehend von der Induktionsverteilung im Ankerkern bei konstanter Permeabilität, wird ein neues Verfahren angegeben, das den bei der Berechnung der Amperewindungen für den Ankerkern gebräuchlichen Erfahrungsfaktor zu berechnen gestattet.

Bei der Berechnung der Amperewindungen in den Ankerkernen elektrischer Maschinen geht man gewöhnlich von der mittleren Kraftflußdichte in der neutralen Zone des Kerns aus, entnimmt die zu dieser Induktion gehörigen AW/cm einer experimentell gefundenen Kurve, multipliziert diese AW/cm mit der mittleren Länge einer Kraftlinie und vervielfacht diese Größe dann noch mit einem Erfahrungsfaktor, der sich nach der mittleren Induktion in der neutralen Zone des Ankerkerns richtet. Nachfolgend soll nun eine Methode entwickelt werden, die den soeben erwähnten Erfahrungsfaktor für eine gegebene Magnetisierungskurve zu berechnen gestattet. Zu diesem Zwecke werden wir zunächst die Induktionsverteilung im Ankerkern bei konstanter Permeabilität ermitteln, alsdann werden wir ein analytisches Gesetz für die AW/cm in Abhängigkeit von der Induktion aufstellen und schließlich einen Ausdruck für den Faktor ableiten, mit dem man die mittleren AW im Rücken multiplizieren muß, um den wirklichen AW-Verbrauch zu erhalten.

In den nachfolgenden Entwicklungen bedeute:

- R_3 den Ankerradius am Nutengrunde,
- R_4 den Ankerradius am äußeren Rande (s. Abb. 1),
- B die Induktion an irgendeinem Punkte des Ankerrückens,
- p die Polpaarzahl der Maschine,
- aw die AW/cm bei der Induktion B,
- AW die AW/Pol im Ankerkern,
- r den veränderlichen Radius des Ankers,
- φ einen veränderlichen Winkel im mechanischen Bogenmaß,
- B_K die mittlere Induktion in der neutralen Zone des Kerns,
- h die Höhe des Ankerkerns.

Ausgehend von den vektoranalytischen Gleichungen

$$\operatorname{div} B = 0$$
$$\operatorname{rot} B = 0,$$

die sich, bezogen auf die x- und y-Achse, reduzieren zu

$$\frac{\partial B_x}{\partial x} + \frac{\partial B_y}{\partial y} = 0$$
$$\frac{\partial B_y}{\partial x} - \frac{\partial B_x}{\partial y} = 0,$$

findet man für die Induktionsverteilung im Ankerrücken:

$$B_r = B_1 \left[\frac{r^{-p-1} R_4^{2p} R_3^{1-p} - r^{p-1} R_3^{1-p}}{\left(\frac{R_4}{R_3}\right)^{2p} - 1} \right] \cos p\varphi \quad (1)$$

$$B_t = B_1 \left[\frac{r^{-p-1} R_4^{2p} R_3^{1-p} + r^{p-1} R_3^{1-p}}{\left(\frac{R_4}{R_3}\right)^{2p} - 1} \right] \sin p\varphi, \quad (2)$$

wo B_r und B_t die radiale bzw. tangentiale Komponente der Induktion bezeichnen (Abb. 1).

Abb. 1.

Da bei der Ableitung nur mit der Grundschwingung gerechnet wurde, ist also der AW-Verbrauch jeder Kraftröhre bei konstanter Permeabilität proportional dem Produkt $B_1 \cos p\varphi$, d. h. also, wir verbrauchen auf dem Wege a—b—c die meisten AW. Dieses Bild wird sich auch kaum ändern, wenn wir anstatt der konstanten eine mit der Induktion veränderliche Permeabilität annehmen. Nun haben wir aber nach den Gl. (1) und (2) auf der Strecke a—b

nur eine radiale und auf der Strecke b—c nur eine tangentiale Komponente der Induktion. Infolgedessen können wir für den maximalen AW-Verbrauch die Gleichung anschreiben

$$AW = \int_a^b aw_{(B_r)}\,ds + \int_b^c aw_{(B_t)}\,ds, \tag{3}$$

wo mit den Indices B_r und B_t die Abhängigkeit der AW/cm von der radialen bzw. tangentialen Komponente der Induktion angedeutet werden soll. Ein Blick auf die Gl. (1) und (2) lehrt weiter, daß die Kraftflußdichte auf dem Wege a—b von B_1 bis 0 abnimmt, während sie auf dem Wege b—c von 0 bis

$$B_1 \frac{2\lambda^{p+1}}{1-\lambda^{2p}} \tag{4}$$

steigt, wo $\lambda = R_3/R_4$ das Verhältnis des inneren zum äußeren Ankerradius bedeutet.

Nun ist aber in allen praktisch vorkommenden Fällen die Induktion im Punkte a wesentlich geringer als im Punkte c, außerdem ist auch der Integrationsweg a—b kürzer als der Weg b—c; deshalb werden wir nur einen kleinen Fehler begehen, wenn wir für die Amperewindungen des Ankerkerns das erste Integral der Gl. (3) vernachlässigen und angenähert schreiben

$$AW = \int_b^c aw_{(B_t)}\,ds. \tag{5}$$

Um eine analytische Lösung für diese letzte Gleichung zu bekommen, ist es nötig, daß wir die Abhängigkeit der AW/cm durch eine Gleichung ausdrücken. Gehen wir mit der Induktion im Ankerrücken nicht über die praktisch in Frage kommenden Werte hinaus, dann läßt sich der Amperewindungsverbrauch/cm in Abhängigkeit von der Induktion ziemlich genau durch folgenden Ansatz beschreiben:

$$aw = \frac{K_1 B}{K_2 - B}. \tag{6}$$

Diese Funktion wird Null für $B = 0$ und unendlich für $B = K_2$, sie ist also nur für einen begrenzten Teil der Magnetisierungskurve anwendbar.

Für die mittlere Induktion in der neutralen Zone des Rückens läßt sich, wie leicht einzusehen, die Gleichung anschreiben

$$B_K h = R_3 \int_{p\varphi=0}^{p\varphi=\frac{\pi}{2}} B_1 \cos p\varphi\, d\varphi = B_1 \frac{R_3}{p}, \tag{7}$$

hieraus errechnet sich

$$B_1 = \frac{R_4 - R_3}{R_3} B_K p = \frac{1-\lambda}{\lambda} p B_K. \tag{8}$$

Führen wir diesen letzten Ausdruck in Gl. (2) ein, dann geht die Gleichung für die Induktionsverteilung längs des Weges b—c über in

$$B_{t(r=r_4)} = B_K \mu \sin p\varphi, \tag{9}$$

wo

$$\mu = 2p\lambda^p \frac{1-\lambda}{1-\lambda^{2p}}. \tag{10}$$

Wir werden jetzt den Nullpunkt unseres Koordinatensystems um den Winkel $\frac{\pi}{2}$ verdrehen, um für die auszuführende Integration eine günstigere Form zu bekommen, so daß wir jetzt für die Induktion an der Ankeroberfläche schreiben können

$$B_{t(r=R_4)} = B_K \mu \cos p\varphi \tag{11}$$

und folglich für die Amperewindungen/Pol mit Hilfe der Gl. (5), (6) und (11)

$$AW = \frac{\pi}{2} K_1 \frac{R_4}{p} \left\{ \frac{4}{\pi} \frac{K_2}{\sqrt{K_2^2 - (\mu B_K)^2}} \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{K_2 + \mu B_K}{K_2 - \mu B_K}} - 1 \right\}. \tag{12}$$

Wäre die Induktion längs des Weges b—c konstant und gleich B_K, dann ließen sich die auf diesem Wege verbrauchten Amperewindungen darstellen durch den Ausdruck

$$AW' = \frac{R_4 \pi}{2p} \frac{K_1 B_K}{K_2 - B_K}. \tag{13}$$

Infolgedessen ist das Verhältnis AW/AW' unser gesuchter Faktor x, so daß derselbe jetzt in der Form erscheint

$$x = \frac{AW}{AW'} = \left[\frac{K_2}{B_K} - 1\right] \times \left[\frac{4}{\pi} \frac{K_2}{\sqrt{K_2^2 - (\mu B_K)^2}} \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{K_2 + \mu B_K}{K_2 - \mu B_K}} - 1\right]. \tag{14}$$

Mit diesem Wert von x errechnen sich endlich die Amperewindungen je Pol für den Ankerkern zu

$$AW = aw_{(B_K)}\, x \frac{R_4 \pi}{2p}. \tag{15}$$

Wir sind hiermit am Ziel unserer Betrachtung angelangt und ersehen aus dem gewonnenen Resultat, daß der Faktor abhängig ist von der mittleren Induktion in der neutralen Zone des Ankerkerns, der Polpaarzahl und dem Verhältnis der beiden Radien R_3/R_4. Daß x für $B_K = K_2$ Null wird, erklärt sich aus der Tatsache, daß für diesen Wert von B_K die AW/cm nach Gl. (6) unendlich werden. Für $B_K = 0$ ist der Wert der Gl. (14) unbestimmt; da aber die Größe von x für diese Induktion praktisch kein Interesse hat, wollen wir diese Unbestimmtheit nicht weiter verfolgen. Es ist ferner bemerkenswert und, wie wir noch sehen werden, für die numerische Rechnung wichtig, daß die Größe K_1 in dem Ausdruck für x nicht mehr vorkommt. Es sei noch betont, daß diese Gleichungen, die vom Verfasser für die Berechnung von Turbogeneratoren benutzt werden, auch ohne weiteres auf andere elektrische Maschinen anwendbar sind. Für Innenanker wird natürlich die Größe λ größer als 1.

Abb. 2.

Abb. 3.

Beispiel. — Zum Schluß wollen wir noch kurz zeigen, wie die gewonnenen Ergebnisse benutzt werden können, um für eine gegebene Magnetisierungskurve und Polzahl den Wert von x als Funktion von B_K mit λ als Parameter zu berechnen. Die experimentell gegebene Magnetierungskurve ist in Abb. 2 dargestellt. Für diese Kurve haben wir also zunächst die in Gl. (4) vorkommenden Konstanten K_1 und K_2 zu finden, indem wir die zwei beliebigen Punkten der Kurve entsprechenden Werte in Gl. (6) einführen und dann diese so erhaltenen Gleichungen nach K_1 und K_2 auflösen. Es hängt natürlich im hohen Maße davon ab, welche Punkte der Kurve man zur Bestimmung der Konstanten wählt, um ein möglichst genaues Übereinstimmen der analytisch berechneten mit der experimentellen Kurve zu erzielen. Die gestrichelte Kurve der Abb. 2 entspricht z. B. der Gleichung

$$aw = \frac{1{,}35\, B \cdot 10^{-4}}{1{,}72 - B \cdot 10^{-4}},$$

während die strichpunktierte Kurve derselben Abbildung aus der Gleichung

$$aw = \frac{5{,}6\,B \cdot 10^{-4}}{1{,}78 - B \cdot 10^{-4}}$$

errechnet wurde.

Beide Ausdrücke geben für $B = 17\,000$ denselben Wert. Die erste Gleichung gibt, wie die Kurve zeigt, die AW/cm ziemlich genau von $B = 0$ bis $B = 14\,000$ wieder, die letzte die AW von $B = 15\,000$ bis $B = 17\,000$. Wir ersehen weiter aus den beiden Ausdrücken, daß die Konstanten K_1 der beiden Gleichungen erheblich voneinander abweichen, während die Konstanten K_2 sich kaum voneinander unterscheiden. Nun hängt aber, wie bereits erwähnt, die Größe x nur von der Konstante K_2 ab, infolgedessen werden wir nur einen unbedeutenden Fehler begehen, wenn wir über den ganzen Bereich mit dem Werte $K_2 = 1{,}78$ rechnen. Des weiteren nehmen wir jetzt für $p = 2$ (vierpolige Maschinen) verschiedene Werte für $\lambda = R_3/R_4$ an und errechnen mit Hilfe der Gl. (10) die Größe μ; dann läßt sich x aus Gl. (14) ohne weiteres als Funktion von B_K darstellen. Die Resultate dieser Rechnung sind in Abb. 3 als Kurven eingetragen. Man erkennt deutlich, daß die gesamten AW/Pol weit kleiner sind als sie sich aus einer Berechnung mit konstantem B_K ergeben. Dies ist auch nicht erstaunlich, wenn man sich die Abhängigkeit der AW/cm von der Induktion vor Augen hält. Bezüglich der Genauigkeit dieser Methode sei zum Schluß noch erwähnt, daß die nach den hier entwickelten Gleichungen berechneten Amperewindungen immerhin noch etwas größer ausfallen können als in Wirklichkeit, weil sich die Induktionsverteilung bekanntlich so einstellt, daß der gesamte magnetische Widerstand ein Minimum wird.

Zur Klärung der Stromleitung in Transformatorölen.

(Mitteilung aus dem Elektrophysikalischen Laboratorium der T. H. München.)

Von **A. Nikuradse**, München.

Übersicht. **Die Form der Strom-Spannungs-Charakteristik für Transformatorenöl läßt vermuten, daß der Mechanismus der Leitung bei hoher Feldstärke ein anderer ist als bei niederen Feldern. Wie Rechnung und Versuch zeigen, ist es möglich, bei hohen Feldstärken Stoßionisation im Öl anzunehmen.**

Die Beziehung zwischen Strom I und Spannung U in gereinigten Transformatorölen wird durch die Abb. 1 gegeben. Unterhalb und oberhalb der Spannung U_2 hat man es mit zwei verschiedenen Stromleitungsmechanismen zu tun. Die Ladungsträger, die den Stromtransport im I. und II. Gebiet der Strom-Spannungs-Charakteristik besorgen, werden durch elektrolytische Dissoziation, durch Strahlung und durch Vorgänge an den Elektroden (Kontaktspannung) erzeugt.

I ohmsches Gebiet
II Gebiet des Sättigungsstromes
III Gebiet der hohen Felder

Abb. 1. Allgemeiner Verlauf der Strom-Spannungs-Charakteristik in gut gereinigtem Transformatoröl.

Der Gedanke liegt nahe, daß bei U_2 ein neuer Mechanismus der Stromleitung beginnt. Um sich über diesen Mechanismus ein Bild zu machen, wurde die Strom-Spannungs-Charakteristik im III. Gebiet als Funktion der Elektrodenentfernung δ studiert. Für diese Untersuchungen ist es erforderlich, sowohl die Versuchsflüssigkeit als auch die Elektroden und das Versuchsgefäß äußerst gut zu reinigen; man erhält sonst keine reproduzierbaren Strom-Spannungs-Kurven. Um die Kurve im III. Gebiet $[I = f_1(U)]$ zu bekommen, wurde zuerst die Abhängigkeit des Stromes von der Zeit bei verschiedenen Spannungen untersucht. Nach einiger Zeit wird der Strom konstant. Diese konstanten Ströme werden als Funktion der Spannung aufgetragen und $I = f_1(U)$ erhalten. Die Beziehung zwischen diesen Strömen und angelegten Spannungen ist

$$I = I_0\, e^{c\,U}. \qquad (1)$$

c und δ sind Konstante; c gibt an, mit welcher Geschwindigkeit I mit U steigt. I_0 erhält man, wenn die Kurve auf $U = 0$ extrapoliert wird. Aus Gl. (1) kann die Beziehung zwischen Strom und Feldstärke gewonnen werden. Bei beliebiger Verteilung des Feldes zwischen den Elektroden haben wir

$$I = I_0\, e^{c\int_0^\delta \mathfrak{E}_x\, dx}.$$

Nehmen wir an, daß im stationären Zustand (diesem Zustand entsprechen die vorliegenden Messungen der Strom-Spannungs-Charakteristiken) keine starke Feldverzerrung vorhanden ist, so daß die Bildung der mittleren Feldstärke $\mathfrak{E}_m$ als

$$\mathfrak{E}_m = \frac{U}{\delta}$$

(δ Elektrodenentfernung) erlaubt ist, so erhalten wir

$$I = I_0\, e^{c\,\delta\,\mathfrak{E}_m}. \qquad (2)$$

Die Abhängigkeit dieser Funktion von der Elektrodenentfernung erlaubt uns die Beziehung zwischen I und δ bei $\mathfrak{E}_m =$ konst. herzuleiten (Abb. 2). $I = I(\delta)$ besagt: Wird δ bei $\mathfrak{E}_m =$ konst. vergrößert, so wächst der Strom I, u. zw. etwa nach der Gleichung

$$I = i\, e^{\varkappa\,\delta} \qquad (3)$$

(i und $\varkappa$ sind Konstante; i entspricht dem Sättigungsstrom und $\varkappa$ der für die Weglängeneinheit erzeugten Ionenzahl). Diese letzte Beziehung führt uns zu der Annahme der Möglichkeit der Stoßionisation in dielektrischen Flüssigkeiten bei hohen Feldstärken.

Abb. 2. Abhängigkeit des Stromes von der Elektrodenentfernung in gut gereinigtem Transformatoröl bei konstant gehaltener mittlerer Feldstärke.

Die Ionisierungszahl $\varkappa$ der Flüssigkeit bei $\mathfrak{E}_m = 30$ kV/cm errechnet sich etwa zu $\varkappa = 1 \ldots 3$ für 1 cm. Die Zahl der von einem Ion auf der Strecke 1 cm erzeugten Ionen ist in Flüssigkeiten bedeutend geringer als in Gasen. $\varkappa$ hat sich von der Natur der Flüssigkeit und von der mittleren Feldstärke abhängig erwiesen. Aus dem Verlauf $\varkappa = \varkappa(\mathfrak{E}_m)$ kann man die mittlere Feldstärke ermitteln, bei der die Ionen gerade die Fähigkeit erhalten, ionisierend zu wirken (mittlere Ionisierungsfeldstärke $\mathfrak{E}_0$). Sie ergab sich der Größenordnung nach etwa zu

$$\mathfrak{E}_0 = 14 \ldots 20 \text{ kV/cm}.$$

Gl. (3) gibt in logarithmischer Darstellung eine Gerade, deren Neigung $\varkappa$ darstellt. Dieser geradlinige Verlauf ist nicht immer vorhanden. Die Experimente haben ergeben, daß in einigen Flüssigkeiten die Neigung der Kurven mit wachsender Elektrodenentfernung abnimmt und sich einem konstanten Wert zu nähern scheint.

Vorläufiger Bericht über Versuche zur Bekämpfung der Schwunderscheinungen im Rundfunk mit Antennengebilden üblicher Höhe (λ/4) und größerer Horizontalausdehnung.

Von **H. Harbich** und **W. Hahnemann**, Berlin.

Übersicht. Nach einer einleitenden Betrachtung über die Ursachen und Bekämpfungsmöglichkeiten des Schwundes werden Versuche zur Beseitigung desselben, besonders in verhältnismäßig kleinen Entfernungen von den Rundfunksendern (Nahschwund), beschrieben, die vom Reichspostzentralamt Berlin mit der Firma C. Lorenz AG. an Antennengebilden, die in ihrer horizontalen Ausdehnung von der Größenordnung der Wellenlänge sind, angestellt wurden. Die Versuche fanden mit in einer Reihe nebeneinander angeordneten Antennen vom Abstand λ/3 statt; es wurden die Strahlungsdiagramme solcher Anordnungen aufgestellt. Die gemessenen Empfangsresultate stimmen gut mit diesen Diagrammen überein. In den Fällen, in denen es nach den Strahlungsdiagrammen anzunehmen war, wurde das Fading vermindert bzw. unterdrückt und hierdurch die störungsfreie Nahzone erweitert. Die gefundenen Ergebnisse lassen sich auf die für die Praxis notwendige kreisförmige Anordnung ausdehnen.

1. Einleitung.

Die Schwunderscheinungen (Fadings), die besonders auch bei der Verbreitung des Rundfunks sehr hinderlich wirken, sind seit längerer Zeit Gegenstand der Untersuchung und Bekämpfung im In- und Ausland. Man hat den Schwund bekanntlich als Wirkung des Zusammentreffens (Interferenz) mehrerer Strahlen erklärt. In der

Abb. 1 a. Strahlungsdiagramm der Marconi-Antenne in der Vertikalebene.

Abb. 1 b. Erstrebtes Strahlungsdiagramm.

Nahzone um den Sender herum, in der das an der Erdoberfläche sich ausbreitende und stark absorbierte Feld noch nicht zu sehr geschwächt ist, nimmt man als Ursache des Schwundes das Zusammentreffen dieser Bodenstrahlung mit der von der Heavisideschicht herabgebeugten Raumstrahlung an (Nahschwund); bei größeren Entfernungen, bei denen nur noch Raumstrahlungen vorliegen, gilt als Ursache das Zusammenwirken mehrerer Raumstrahlungen, z. B. von einmal und mehrmals herabgebeugten Strahlen. Da es in beiden Fällen nur auf das Verhältnis der Feldstärken der beiden Strahlen zueinander, nicht aber auf ihre Größe an sich ankommt, bedeutet eine Steigerung der Sendeenergie keine grundlegende Abhilfe. Zur Erklärung des Schwundes ist es aber nicht nötig, immer das Zusammenwirken zweier solcher Strahlen, von denen mindestens einer hinsichtlich Polarisation oder Intensität veränderlich sein muß, vorauszusetzen. Es genügt schon die Annahme allein, daß nur ein einziger Strahl vorhanden ist, der sich bei seiner Reflexion oder Beugung in seiner Intensität oder Polarisationsrichtung ändert. Es sei angenommen, daß die Ausbreitungsverhältnisse an der Erdoberfläche entlang als konstant angesehen werden können oder sich nur sehr langsam ändern, dann wird das Fading immer durch die Eigenschaften der Raumstrahlung bestimmt sein. Es können danach vier Fälle auftreten:

1. in der Nähe des Senders:

   Zusammentreffen der von oben kommenden Raumstrahlung mit Bodenstrahlung gleicher Größenordnung, also Interferenz-Fading (Nahschwund);

2. in größerer Entfernung vom Sender, bei der die Bodenstrahlung vernachlässigbar klein ist:

   a) es ist nur eine einmal herabgebeugte Raumstrahlung vorhanden, die ihrer Intensität oder Polarisationsrichtung nach schwankend ist infolge Änderungen in der Heavisideschicht (ähnlich der Trübung eines Spiegels oder einer Lagenänderung der Reflexionsfläche wie beim wogenden Meer), also Intensitäts-Fading;

   b) Zusammentreffen mehrerer einmal herabgebeugter Raumstrahlen an ein und derselben Stelle der Erdoberfläche infolge größerer Krümmung der Heavisideschicht gegenüber der Erdoberfläche, Interferenz-Fading, aber auch Intensitäts-Fading möglich;

3. in noch größerer Entfernung vom Sender:

   Zusammentreffen mehrerer ein- und mehrmals herabgebeugter Raumstrahlen; hierbei sowohl Interferenz-Fading als auch Intensitäts-Fading möglich;

4. in sehr großer Entfernung vom Sender:

   Parallelrichtung aller dahin gelangenden Raumstrahlen, ebene Welle zwischen zwei parallelen wenig gekrümmten Grenzschichten (Erdoberfläche und Heavisideschicht), die Wellenfront senkrecht zu den Grenzflächen; hierbei Trübung oder Lageveränderung in der einen Grenzschicht (Heavisideschicht), also Intensitäts-Fading.

Abb. 2 a. Zentraler Strahler mit Einzelstrahlern im Kreisring.

Abb. 2 b. Zwei Kreisringe von Einzelstrahlern.

Im Falle der Bekämpfung des Schwundes im Rundfunk spielt naturgemäß der Fall 1 die Hauptrolle, da es vor allem darauf ankommt, um den Sender eine Nahzone möglichst großen Durchmessers zu schaffen, in der die Empfangsverhältnisse unabhängig von Tag und Nacht gleichmäßig gut sind. Gelingt es, in dem für den Rundfunk hauptsächlich in Betracht kommenden Wellenbereich (200 ... 550 m) die heutigen Reichweiten schwundlosen Empfangs (etwa 50 bis 100 km) wesentlich zu vergrößern, so wird dadurch in vielen Fällen die große Verstärkung der Sendeenergie erst ihre erstrebte Auswirkung erhalten.

Abb. 3. Drei hintereinander angeordnete Einzelstrahler.

Nachstehend wird Fall 1 des Nahschwundes behandelt. Die hierbei erzielten Ergebnisse können aber u. U. auch die übrigen Fälle günstig beeinflussen.

2. Die Methoden, den Nahschwund zu bekämpfen.

Der in der Nahzone vorliegende Schwund wird dem Zusammenwirken der Bodenstrahlung mit der Raumstrahlung zugeschrieben. Es soll der Einfachheit halber nur die einmal herabgebeugte Raumstrahlung berücksichtigt werden. Es ist klar, daß als Mittel zur Bekämpfung des Nahschwundes die Schwächung oder gänzliche Beseitigung der Raumstrahlung in den steileren Winkeln nach oben in Frage kommt. Das bedeutet, das vertikale Strahlungsdiagramm der Senderantennengebilde so zu gestalten, daß es gegenüber dem Diagramm eines Dipols, der klein zur Wellenlänge λ ist, oder gegenüber dem diesem sehr ähnlichen Diagramm einer in der Viertelwellenlänge schwingenden Marconi-Antenne wesentlich flacher ist. Dieses Strahlungsdiagramm ist bekanntlich auf jeder

Seite der Antenne durch einen Halbkreis gegeben, dessen Halbmesser in der Erdoberfläche liegt (Abb. 1a, Marconi-Diagramm). Demgegenüber soll das erstrebte Strahlungsdiagramm in den steileren Winkeln wesentlich kleinere oder gar keine Vektoren enthalten (Abb. 1 b, erstrebtes Diagramm).

Abb. 4. Strahlungsdiagramm der Anordnung Abb. 3 bei verschiedenen Abständen der Einzelstrahler.

Es gibt leider keine andere Möglichkeit, die Form des Diagramms Abb. 1 b zu erreichen, als wesentliche Vergrößerung der Ausdehnung des Antennengebildes gegenüber der bisher gebräuchlichen. Es wurde schon öfters vorgeschlagen und es sind wiederholt dahingehende Versuche angestellt worden, durch eine wesentliche Erhöhung der Antenne über $\lambda/4$ hinaus ein verflachtes Strahlungsdiagramm zu erhalten. Es sei auf die Versuche von Eckersley[1] und von E. T. Glas[2] hingewiesen. Auch vom Reichspostzentralamt Berlin (Kiebitz[3]) sind vor einigen Jahren Versuche nach dieser Richtung hin unternommen worden; neuerdings wurden solche von Telefunken zur Bekämpfung des Nahschwundes wieder aufgegriffen[4].

Für die längeren Rundfunkwellenlängen, insbesondere die über 300 m, ergibt diese Methode der Vergrößerung der Antennenhöhe wesentlich über $\lambda/4$ hinausgehende Masthöhen, die zu sehr beträchtlichen Baukosten und anderen technischen Schwierigkeiten führen. Ganz abgesehen hiervon ist es aber bisher auch noch nicht gelungen, mit einer solchen in die Höhe gehenden Anordnung in den wirklichen Verhältnissen entsprechenden Versuchen eine merkliche Veränderung des Nahschwundes nachzuweisen.

Es gibt aber einen zweiten Weg, die gewünschte Verflachung der Strahlungsdiagramme zu erhalten. Dieser besteht in der Vergrößerung der Horizontalausdehnung des Antennengebildes über das bisher übliche Maß hinaus. Es sind verschiedenartige praktische Ausführungsformen der Antennengebilde hierfür möglich. Sie laufen alle darauf hinaus, um ein in der Mitte des Antennengebildes befindliches zentrales Feld ein oder mehrere ringförmige Felder anzuordnen. Solche Feldanordnungen ergeben bei richtiger Phase und Größe der Felder ein Strahlungsdiagramm der gewünschten Form. Eine charakteristische Ausführungsform besteht darin, daß, ganz ähnlich wie bei den bekannten Schirmantennen, vom Mittelpunkt des Gebildes aus Drähte nach allen Richtungen radial in nicht zu geringer Höhe über dem Erdboden mehr oder weniger parallel zu diesem ausgespannt sind, wobei das ganze Gebilde vom Mittelpunkt aus erregt werden kann.

Eine andere charakteristische Ausführungsart besteht aus einer Anordnung von einem oder mehreren konzentrischen Ringen einzelner Strahler, die sich um einen zentralen Strahler herum befinden, oder aus mehreren ineinander konzentrisch angeordneten Ringen solcher einzelnen Strahler. Abb. 2 a zeigt einen zentralen Strahler mit 6 ringförmig im Kreis darum angeordneten Einzelstrahlern[5]; Abb. 2 b gibt zwei konzentrische Ringe, auf jeden Ring 6 Einzelstrahler.

Abb. 5. Strahlungsdiagramm der Anordnung Abb. 3 mit dem Abstand $\lambda/3$ der Einzelstrahler bei verschiedenem Stromstärkeverhältnis des Mittelstrahlers zu den Außenstrahlern.

Abb. 6. Feldstärke der Boden- und Raumwellen der Anordnung Abb. 3 gemäß dem Diagramm Abb. 5 in Abhängigkeit von der Entfernung.

Solche horizontal ausgedehnten Antennenanordnungen haben gegenüber den Antennen, deren Höhe mit $\lambda/2$ vergleichbar ist, den Vorteil, daß man mit Masten geringerer Höhe auskommen kann, wodurch Mehrkosten für das wesentlich größere Gelände aufgewogen werden können, besonders für Wellen über etwa 300 m. Mit diesen Antennengebilden größerer Horizontalausdehnung sind auf Anregung von Ministerialdirektor Dr.-Ing. Kruckow vom Reichspostzentralamt, Berlin, zusammen mit der Firma C. Lorenz AG. eine Reihe von Versuchen ausgeführt worden, die erstmalig ein brauchbares Versuchsergebnis in der Bekämpfung des Nahschwundes brachten.

Zur Vereinfachung der Versuche wurde eine Anordnung gewählt, bei der mehrere Strahler in einer zur Erdoberfläche senkrechten Ebene angeordnet sind, und eine solche Sendeanlage auf der Station der Firma Lorenz in Eberswalde errichtet. Die einzelnen Strahler werden

[1] Eckersley, J. Inst. El. Engs. London Bd. 67, S. 507 (1929).
[2] E. T. Glas, Z. Hochfrequenztechn. Bd. 37, S. 8 (1931).
[3] F. Kiebitz, Tel. u. Fernspr.Techn. Bd. 19, S. 303 (1930).
[4] O. Böhm, Telefunken-Zg. 1931, Nr. 57, S. 20.

[5] Hierzu vgl. die während der Versuche erschienene Patentschrift der Fa. Telefunken, DRP. Nr. 525 101, ausgegeben am 22. V. 1931.

durch Speiseleitung o. dgl. in der richtigen Phase und Amplitude erregt.

Zunächst wurden die Strahlungsdiagramme dieser Antennenanordnungen aufgestellt, aus denen sich für die Versuche wichtige Gesichtspunkte ergaben. Es sei zunächst in Abb. 3 die grundlegende Anordnung der Versuche wiedergegeben. Sie stellt drei in der Entfernung x voneinander angeordnete Marconi-Antennen dar. Damit sich die Strahlung nach oben aufhebt, führt die mittlere Antenne den doppelten Strom ($2I$) der äußeren Antennen, deren Strom gleich I ist, und der Strom der mittleren Antenne ist in seiner Phase zu dem der beiden äußeren, die gleichphasig sind, um 180° verschoben.

In Abb. 4 sind die errechneten Strahlungsdiagramme *a*, *b*, *c* und *d* im Vergleich zu Diagramm *M*, dem der Marconi-Antenne, dargestellt, wobei wie bei allen hier behandelten derartigen Vergleichen der zur Erdoberfläche parallele Vektor für die verglichenen Diagramme gleichgesetzt ist. Für die *a*-Kurve ist der Abstand $x = \lambda/2$, für die *b*-Kurve $\lambda/3$, für die *c*-Kurve $\lambda/4$ und für die *d*-Kurve $\lambda/6$. Man sieht aus Abb. 4, daß die Gestalt des Strahlungsdiagramme mit kleineren Antennenabständen sich einem günstigen Grenzwert nähert[6]. Leider wird aber mit kleiner werdenden Abständen die Intensität des erzeugten Feldes für die Strahlung parallel zur Erdoberfläche immer geringer, und da die Verluste in der gesamten Antennenanordnung hierbei annähernd gleich bleiben, bedeutet dies, daß der Strahlungswirkungsgrad der Anlage mit abnehmendem x immer kleiner wird.

In Abb. 5 ist bei konstantem Abstand x, und zwar für $x = \lambda/3$, der Einfluß des Verhältnisses der Stromamplitude in der mittleren Antenne zu der in den Außenantennen auf die Diagramme dargestellt. In den Strahlungsdiagrammen der Abb. 5 bedeutet *M* wieder das der Marconi-Antenne, während die mit *4*, *3*, *2*, *1,5*, *1* und *0* bezeichneten jene Diagramme wiedergeben, bei denen der Strom in der mittleren Antenne zu dem in den Außenantennen sich wie 4 : 1, 2 : 1, 1,5 : 1, 1 : 1 oder 0 : 1 verhält und gegenphasig ist. Das mit — *1* bezeichnete bedeutet den Fall, bei dem der Strom der Mittelantenne gleich dem der beiden äußeren Antennen und diesen gleichphasig ist. Aus Abb. 5 ist zu ersehen, wie durch diese Veränderung des Stromverhältnisses in der Antenne das Strahlungsdiagramm gänzlich verschieden gestaltet werden kann, und zwar in einem solchen Maße, daß bei Umkehrung des Stromes der mittleren Antenne (Fall — *1*) sogar reine Raumstrahlung sich ergibt.

[6] Vgl. Esau, Z. Hochfrequenztechn. Bd. 27, S. 142 (1926).

Da es bei den folgenden Betrachtungen nicht so sehr auf die wirkliche Größe der Vektoren der einzelnen Diagramme untereinander, sondern auf das Verhältnis zwischen der Boden- und Höhenstrahlung (Raumstrahlung) jeder einzelnen Kurve ankommt, sind in Abb. 5 die verschiedenen Diagramme wieder für eine gleiche Größe der Bodenvektoren dargestellt. Der Fall — 1 : 1, für den keine Bodenstrahlung existiert, ist im gleichen Maßstab wie der Fall 0 : 1 eingetragen.

Der Fall 1 : 1 entspricht cet. par. in der Bodenamplitude dem Marconi-Fall. Die Größen der Bodenkomponenten im Verhältnis zum Marconi-Fall sind:

für den Fall 0 : 1 die Hälfte,
für den Fall 2 : 1 die anderthalbfache,
für den Fall 4 : 1 die zweieinhalbfache.

Abb. 8. Hoppegarten, 40 km. Abb. 7.

Abb. 10. Hoppegarten, 40 km. Abb. 9.

Leider wird aber bei Verringerung des Stromes der mittleren Antenne gegenüber dem Wert $2I$ die Feldstärke des Vektors parallel zur Erdoberfläche wieder verringert und, da hierbei die Verluste der Anordnung nicht in gleichem Maße abnehmen, hierdurch auch wieder der Wirkungsgrad für die Bodenstrahlung verschlechtert. Nähere

Abb. 11. Hoppegarten, 40 km.

Überlegungen zeigen, daß die Verflachung der Kurve mit Hilfe der Verringerung des mittleren Stromes gegenüber $2I$ weniger ungünstig den Wirkungsgrad beeinflußt als das Mittel der Verringerung des Abstandes x in Abb. 4. Die bei der Verflachung der Kurven mittels Verringerung des mittleren Stromes auftretenden Nebenmaxima rufen nun gerade in den für den Nahschwund gefährlichen Winkeln Raumstrahlung hervor; sie dürfen daher nur in

sehr geringer Größe zugelassen werden (abhängig von der Wellenlänge); es kommt also auch auf ein richtiges Kompromiß zwischen der zulässigen Größe des Nebenmaximums und der gewollten Verflachung an.

Um geeignete Richtlinien für die Versuche zu erhalten, wurden nun aus den Diagrammen der Abb. 5 die Feldstärken der Raumstrahlung abhängig von der Entfernung berechnet; diese sind in der Abb. 6 dargestellt,

Abb. 13. Zossen, 75 km. Abb. 12.

Abb. 15. Zossen, 75 km. Abb. 14.

Aus vorstehendem ist ersichtlich, daß die Wahl der besten Antennenform mit möglichst unterdrückter Raumstrahlung bei noch genügendem Bodenstrahlungs-Wirkungsgrad in jedem praktischen Falle und bei gegebener Wellenlänge auf ein Kompromiß zwischen Abstand der Antennen, Wahl des Verhältnisses des mittleren zu den äußeren Strömen und Höhe der Masten hinausläuft.

Bevor die Versuche, die mit diesen in einer Ebene angeordneten Antennenkombinationen gemacht wurden, eingeleitet wurden, sind ähnliche Diagramme wie in Abb. 4 und 5 dargestellt auch für die Kreisantennen-Anordnungen der Abb. 2a und b ermittelt worden. Sie ergaben ganz ähnliche Verhältnisse; auch hier wurden die Kurven flacher mit kleiner werdendem Abstand x und mit abnehmendem Strom in der mittleren Antenne von $6\,I$ abwärts, wobei wieder die anwachsenden Nebenmaxima sich zeigten. Die Versuche, die mit der Anordnung der Abb. 3 angestellt wurden, können daher in ihren Resultaten sinngemäß auch auf diese Kreisantennen übertragen werden.

Abb. 16.

Abb. 18. Oschatz, 170 km. Abb. 17.

wobei für die einzelnen Fälle dieselben Maßstabverhältnisse wie in Abb. 5 gewählt sind. Es wurde dabei angenommen, daß die herabbeugende Heaviside-Schicht sich in 100 km Abstand von der Erde befindet und daß dort eine 100prozentige Reflexion erfolgt. Diese Feldstärkenkurven sind für die Stromverhältnisse 4 : 1, 3 : 1, 2 : 1, 1,5 : 1, 1 : 1, 0 : 1 und — 1 : 1 der Außenantennen zur mittleren Antenne eingezeichnet. Die Kurve *M* gibt wieder die

Raumstrahlung der Marconi-Antenne. Außerdem sind in dem Kurvenblatt im Maßstab der Abbildung noch die Feldstärken der Bodenstrahlung für 300, 400 und 550 m Wellenlänge eingetragen. Den Bodenkurven liegen teils praktische Erfahrung, teils Werte von Veröffentlichungen zugrunde. Die in der Abb. 6 ausgezogenen Raumkurven entsprechen den später behandelten Versuchen.

Wie man aus Abb. 6 sieht, wird mit abnehmendem Strom der mittleren Antenne der Beginn des Ansteigens der Raumkurven nach größeren Entfernungen hin abgerückt und die Schnelligkeit des Ansteigens dabei immer größer. Hinzu kommen dann die den Nebenmaxima der Raumstrahlung in den steilen Winkeln entsprechenden Raumkurven für kleinere Entfernungen, von denen z. B. die des Falles 0 : 1 die Bodenkurve der 300 m-Welle noch vor der Raumkurve der Marconi-Antenne kreuzt, wodurch die Wahl dieses Falles zur Vermeidung des Schwundes nicht anwendbar wird. Dagegen scheint der Fall 1 : 1 schon für die 300 m-Welle, aber vor allen Dingen für größere Rundfunkwellen günstig zu sein. Man sieht, daß z. B. bei der 300 m-Welle durch Verringerung des Stromes in der mittleren Antenne von 2 : 1 auf 1 : 1 die Entfernung, in der starker Schwund eintritt, von etwa 100 auf 130 km und gegenüber der Marconi-Antenne von etwa 70 auf 130 km vergrößert wird. Es ist daraus ersichtlich, welche Bedeutung die richtige Wahl der Stromverhältnisse hat.

Es zeigt sich bei 300 m Wellenlänge, mit der die Versuche angestellt wurden, folgendes:

In **50 km** Entfernung tritt schon eine nennenswerte Intensität der Raumstrahlung des Falles — 1 : 1 auf, es ist also Empfang, aber mit Schwund, zu erwarten, während die Feldstärke der Raumstrahlung der Marconi-Antenne in ihrer Intensität dreimal unter der ihrer Bodenstrahlung liegt, also hierfür nur mäßiger Schwund eintreten kann, und die Raumstrahlung der Antennenanordnung 2 : 1 nur wenige Prozent der Feldstärke ihrer Bodenwelle besitzt, also keine Schwunderscheinungen zu befürchten sind.

In **75 km** Entfernung läßt die Raumkurve des Falles — 1 : 1 wieder lautstarken Empfang mit sehr starkem Schwund erwarten, die Raumkurve der Marconi-Antenne hat etwa die gleiche Höhe wie ihre Bodenkurve, es ist hier demnach mit starkem Interferenz-Fading zu rechnen, und die Raumkurve des Falles 2 : 1 liegt etwa viermal unterhalb ihrer Bodenkurve, es darf hier also nur verhältnismäßig geringes Interferenz-Fading auftreten.

In **100 km** Entfernung läßt die Raumkurve des Falles — 1 : 1, ebenso das Verhältnis der Raumintensität der Marconi-Antenne zu der ihrer Bodenstrahlung starken, schwundanfälligen Empfang erwarten; jetzt ist auch für den Fall 2 : 1 verhältnismäßig starkes Interferenz-Fading vorauszusehen, da die Raumkurve auch hierfür schon etwas höher als die entsprechende Bodenkurve liegt.

In **150 km** Entfernung liegen die Raumkurven weit über der Bodenkurve. Hier ist bei allen Intensitäts-Fading zu erwarten, vielleicht auch gelegentlich Interferenz-Fading.

Die sich aus Abb. 6 ergebenden vorstehenden Schlüsse wurden an fünf verschiedenen Orten, die etwa in den oben angegebenen Entfernungen von der Sendestation Eberswalde liegen, durch Empfangsmessungen mittels Feldstärkeregistrierung nachgeprüft (Sendeantennen-Anordnung nach Abb. 3 mit Abstand λ/3). Die Versuche haben mit den vorstehenden Schlüssen volle Übereinstimmung ergeben. Einige der registrierten Kurven sind in den Abb. 7 ... 18 dargestellt, und zwar solche, die in Hoppegarten (40 km), Zossen (75 km) und Oschatz (170 km) aufgenommen wurden.

Aus der Bestätigung der aus den Diagrammen gezogenen Schlüsse durch diese Versuche folgt mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit, daß die bisherigen Annahmen über die Ursachen des Schwundvorganges richtig und die getroffenen Anordnungen zur Bekämpfung des Schwunds erfolgversprechend sind. — Es ist beabsichtigt, später sowohl über die hier kurz geschilderten als auch über die weiteren inzwischen angestellten Versuche, die ebenfalls gute Übereinstimmung mit der Theorie ergeben haben, noch nähere Einzelheiten zu veröffentlichen.

Versuche über Maschinenregelung und Parallelbetrieb in den Großkraftwerken Hirschfelde und Böhlen*.

IV. Ergebnis der Versuche beim Parallellauf der Maschinen und Kraftwerke.

Bearbeitet in der Wissenschaftlichen Abteilung der Siemens-Schuckertwerke AG., Berlin,

von Dr.-Ing. **Wilhelm Peters**, Berlin.

(Fortsetzung von S. 1513.)

3. Versuche mit unterschiedlicher Einstellung der Leistungsregler der Dampfturbinen (Versuch Nr. 8).

Bisher haben die Versuche einen günstigen Einfluß des Leistungsreglers auf das Abfangen bzw. die Dämpfung der Schwingungen gezeigt. Bei den Entlastungsversuchen verkleinert der Regler den Winkel zwischen den Polrädern der Maschinen allmählich und verbessert hierdurch die Stabilität der Stoßschwingungen, indem er durch Zurückziehen der Füllung der belasteten Maschine die Koppelleitung wenn auch nur langsam entlastet. Auf schnelle Geschwindigkeitschwankungen, z. B. beim synchronen Durcheinanderlaufen, spricht er nicht an, wirkt jedoch auf langsame Schwingungen — wie weitere Versuche (9) zeigen — schwach dämpfend, was auch seiner Reglerstabilität entspricht. Bei ungleichmäßig arbeitenden Leistungsreglern (verschiedene Ungleichförmigkeitsgrade, verschiedene Schlußzeiten) kann jedoch die durch einen Laststoß eingeleitete Stoßschwingung der Kraftwerke in ihrer Amplitude durch den Regler verstärkt werden, wenn die entfernteren, von der Stelle der Belastung aus gesehen, hinter der größeren Reaktanz liegenden, also statisch weicheren Maschinen oder Zentralen höher vorbelastet sind und stärker und schneller auf die Lastaufnahme reagieren. Eine Vergrößerung der Schwingung kann dann evtl. bei einer hochvorbelasteten und relativ schwachen Koppelleitung zum Außertrittfallen der Zentralen führen.

Beim Versuch wurden zwei über eine größere Reaktanz (vier hintereinandergeschaltete Transformatoren, vgl. Schaltbild Abb. 10) gekuppelte Maschinen 2 und 1 durch einen Laststoß bei Maschine 1 ins Pendeln gebracht, der hier durch Wegschalten der vorbelasteten Maschine 4 (20 MW) ausgelöst wurde. Die Maschinen arbeiteten auf das Netz parallel mit Böhlen, wo Maschine 4 und 8 (32 + 50 MVA), und mit Lauta, wo eine Maschine (25 MVA) lief. Die Netzbelastung betrug 36 MW; hiervon entfielen auf Hirschfelde 24, auf Böhlen 10 und auf Lauta 2 MW. In Hirschfelde hatte Maschine 2, die 6 MW abgab (95 % Erregung), als Spitzenmaschine die schnellere Regelung und den kleineren Ungleichförmigkeitsgrad (Statik) des Reglers (rd. 4 %); der von Maschine 1 war auf 10 % eingestellt, sie nahm daher nur Grundlast auf, die auf — 1,5 MW als Motor eingeregelt war (97 % Erregung bei $U_k = 5{,}6$ kV). Zwischen den Kraftwerken waren alle Leitungen des Netzes[7] eingeschaltet. Der Laststoß verteilt sich nach Abb. 10 im ersten Augenblick nach den synchronisierenden Leistungen mit 2,6 MW auf Maschine 1, 2,4 MW auf Maschine 2 und 14,8 MW auf Böhlen einschl. Lauta. Zur gleichmäßigen Verzögerung benötigt Maschine 2 eine Belastung von 3,4 MW, während Böhlen mit der klei-

* Teil I „Überblick über Veranlassung, Zweck und Ergebnisse der Versuche" siehe ETZ 1931, S. 791; Teil II „Anordnung und Art der Durchführung der Versuche" siehe ETZ 1931, S. 1185, 1215 u. 1270; Teil III „Ergebnis der Versuche beim Alleinlauf der Maschinen" siehe ETZ 1931, S. 1349 u. 1382.

[7] Netzplan s. ETZ 1924, S. 21.

neren Anlauf-Zeitkonstante auf 13.2 MW zurückgehen muß. Es treten daher Leistungspendelungen zwischen Böhlen und Maschine 2 auf, die jetzt viel schwächer gedämpft werden ($\delta/\nu = 0{,}1$), da die Maschinen über die 240 km lange Fernleitung gekuppelt sind. Jetzt zieht allmählich (nach 1 s) noch der Leistungsregler der Maschine 2 an, schiebt noch mehr Last auf diese Maschine, belastet die Koppelleitung stärker und vergrößert den Polradwinkel zwischen Maschine 2 und 1 bzw. Böhlen immer mehr, während die Stoßschwingung erst langsam abklingt. Am Schluß des Regelvorganges (nach 7 s) verteilt sich die Belastung mit 6 MW auf Maschine 2 und 14 MW auf Böhlen, was im Verhältnis ihrer Leistungsziffern[8] steht (Leistungsziffer eines Kraftwerkes gleich Summe der Leistungsziffern der einzelnen Maschinen). Der Versuch gibt deutlich zu erkennen, daß infolge der Leistungsregelung durchaus nicht unbedingt die erste Amplitude der Stoßschwingung für die Stabilität die gefährlichste zu sein braucht, sondern daß diese kritische Amplitude erst nach mehreren Schwingungen auftreten kann; dieses kann insbesondere bei schwacher Dämpfung

Abb. 10. Pendeln der Kraftwerksgeneratoren mit ungleich arbeitenden Drehzahlreglern nach Belastungstoß.

(Maschinen über lange Fernleitungen gekuppelt) bzw. bei schneller Leistungsregelung der Fall sein (Spitzenkraftwerke). Beim Versuch ist der folgende Pendelausschlag jedesmal noch größer als der vorhergehende. Ein Maximum der Amplitude während der Ausgleichschwingung tritt auf, wenn die Schlußzeit der Ventile schneller als die Abklingzeit der Pendelungen ist. Der Versuch zeigt weiter, daß die stationäre Lastverteilung durch die Regler beherrscht wird.

4. Versuche mit drei- und zweipoligen Kurzschlüssen (Versuch Nr. 9).

Während bei reinen Wirklaststößen, die nur Querfeldänderungen in der Maschine hervorrufen, sich die Maschinenspannung unmittelbar nur verhältnismäßig wenig ändert, können Blindlaststöße etwa durch Abschalten langer leerlaufender Fernleitungen die synchronisierende Kraft bedeutend schwächen. Ganz besonders schwere Störungen entstehen beim Ausfall einzelner oder sogar aller Phasen einer Fernleitung durch zwei- und dreipolige Kurzschlüsse, Erdkurzschlüsse und Doppelerdschlüsse, die außer einer entsprechenden scheinbaren Vergrößerung der wirksamen Leitungsreaktanz heftige Wirklaststöße durch Stromwärmeverluste der Stoßströme auf die Maschinen ausüben können. Bei dreipoligen satten Kurzschlüssen auf der Koppelleitung erlischt die kuppelnde synchronisierende Kraft völlig, die entsprechende Reaktanzvergrößerung der Leitung ist also unendlich, während bei zweipoligen Kurzschlüssen auf der Fernleitung ein gewisses elektromagnetisches Restfeld mit einer synchronisierenden Kraft von etwa $^1/_3$ des Anfangswertes noch erhalten bleibt. Zweipolige Kurzschlüsse im Netz wurden beim Parallelbetrieb der beiden Kraftwerke, dreipolige beim Parallelbetrieb der Kraftwerksgeneratoren vorgenommen. In beiden Fällen wurde nur des praktischen Interesses wegen die Wirkung von entfernteren Kurzschlüssen, d. h. Kurzschlüssen hinter Reaktanzen untersucht. Beim Parallelbetrieb der Kraftwerksgeneratoren liegt dieser Fall z. B. dann vor, wenn ein schwerer Kurzschluß auf der Fernleitung oder im Netz auftritt und der Parallelbetrieb der Zentralen hierdurch gestört wird; hierbei sollen jedoch die Maschinen des Kraftwerks noch nicht außer Tritt fallen, damit wenigstens die Versorgung des Eigennetzes aufrechterhalten bleibt. Beim Parallelbetrieb der Zentralen entspricht dies etwa Kurzschlüssen im Verteilernetz. Durch die Versuche werden ferner auch qualitativ die Stabilitätsverhältnisse bei Kurzschlüssen auf dem parallelen Strang einer Fernleitung wiedergegeben, die ebenfalls durch eine entsprechende scheinbare Vergrößerung der wirksamen Reaktanz erfaßt werden.

Die Versuche, die den Einfluß von Kurzschlüssen auf den Parallelbetrieb ungleich belasteter Generatoren klären sollten, wurden an zwei Kraftwerksgeneratoren (Maschine 2 und 3) vorgenommen. Diese wurden zusammengeschaltet und wie bei dem früheren Entlastungsversuch mit ungleicher Vorbelastung und entsprechend verschiedener Erregung plötzlich vom Netz getrennt. Sie kamen hierdurch ins Pendeln. Nach etwa 1 s, d. i. nach Verlauf etwa einer Pendelschwingung, wurde nun der Kurzschluß in der Stichleitung ihrer Koppelleitung (100 kV-Sammelschiene, Abb. 9a, S. 1275 der ETZ 1931) eingeleitet und nach einigen Sekunden wieder aufgehoben (der Kurzschluß war 6 kVseitig eingebaut). Durch dieses Schaltmanöver blieb das Netz vom Kurzschluß verschont. Da innerhalb der ersten Sekunde sich die Füllung wenig ändert und auch noch Pendelungen vorhanden sind, so werden annähernd die praktischen Verhältnisse erreicht, wo Abschaltung und Kurzschluß gleichzeitig erfolgen. Die Reaktanz der Stichleitung bestand aus Streureaktanz des Transformators und einer Drosselreaktanz von insgesamt $Z_3 = 13\,\%$ Spannungsabfall, bezogen auf 25 MVA und $U_k = 6{,}3$ kV. Die Spannung in der Koppelleitung senkt sich zunächst nur um den Streuspannungsabfall, indem die Luftspaltspannungen E_λ in den Maschinen konstant bleiben. Da nun der Kurzschluß eine Blindbelastung für die Maschine darstellt und daher der Ausgleichvorgang sich hauptsächlich im Längsfeld abspielt, so wird die stationäre Spannungsverteilung bei konstanter Polradspannung E_p (Erregung) erst nach Verlöschen des mit seiner Streufeld-Zeitkonstante (etwa 1 s) abklingenden Ausgleichfeldes erreicht. Mit wachsendem Pendelwinkel nimmt die Spannung der Leitung weiter ab.

Abb. 11. Schaltbild für dreipoligen Kurzschluß.

Infolge Ableitung des Leitungstromes in die kurzgeschlossene Stichleitung (Querreaktanz) hinein (Abb. 11) nimmt die synchronisierende Kraft ab, da die wirksame Reaktanz der Kuppelleitung zunimmt, nämlich von

$$Z_1 + Z_2 \text{ auf } Z_1 + Z_2 + \frac{Z_1 Z_2}{Z_3}, \tag{1}$$

wo Z_1, Z_2 die wirksamen Reaktanzen der Kupplungsleitung (Streureaktanzen bzw. Streureaktanzen + Synchronreaktanzen), Z_3 die Reaktanz der Stichleitung bedeuten. Die Kippleistung fällt daher zunächst auf $\alpha' = 50\,\%$ (E_λ = konst.), später auf $\alpha = 16\,\%$ (E_p = konst.) ihres Anfangswertes; diese Zahlen geben zugleich die Restspannungen an der Querreaktanz an. Da die Entmagnetisierung in den Maschinen ziemlich schnell vor sich geht und daher die nur allmählich sinkende zu übertragende Leistung stets größer als die Kippleistung bleibt und schließlich noch die Massenwirkung bei der Pendelung hinzutritt, war zu erwarten, daß durch den Kurzschluß die Maschinen in kurzer Zeit außer Tritt fallen. Der Wirklaststoß durch den Kurzschluß ist bei unseren Versuchen sehr gering und unwirksam, da der Widerstandswinkel ϱ der Strombahn sehr klein ist und im übrigen der symmetrisch liegende Kurzschluß sich fast gleichmäßig auf beide Maschinen verteilt.

Durch diese Versuche sollten die Vorgänge beim Außertrittfallen bzw. Fangen nach Einsetzen bzw. Abschalten des Kurzschlusses im einzelnen besonders hinsichtlich Leistungs- und Spannungspendelungen erforscht werden, um den Einfluß der Leistungs- und Spannungsregelung und

[8] S. Zahlentafel 1, ETZ 1931, S. 1510.

der Relaisauslösung auf die Stabilität zu erkennen. Sie wurden daher bei verschiedenen Belastungs- und Erregungsverhältnissen, verschiedenen Maschinen mit unterschiedlicher Leistungsregelung und sowohl mit als auch ohne Spannungsregler ausgeführt. Die Zeit der Kurzschlußdauer wurde etwa zwischen 2 und 6 s geändert. Auch bei der kürzesten Dauer klappten die Maschinen auseinander, sie überschlugen sich einmal und fielen in dieser Stellung allerdings unmittelbar nach Abschalten des Kurzschlusses wieder in Tritt.

Abb. 12. Kurzschlußversuch dreipolig, ohne Spannungsregler.

Abb. 13. Energiebilanz der Schwingungen zum Versuch Abb. 12 (beide Maschinen ohne Spannungsregler).

Abb. 12 zeigt diesen Versuch bei 5,8 kV, Maschine 3 war mit 18 MW, cos $\varphi = 1$ (125 % Erregung), vorbelastet. Maschine 2 lief leer mit 90 % Leerlauferregung, beide ohne Schnellregler. Der Winkel zwischen den Polrädern betrug $\vartheta_0 = 38°$. Nach dem Abschalten der Maschine vom Netz tritt eine positive Stoßschwingung von etwa 6 MW, das sind etwa 27 °, nach 0,5 s ein, so daß also der Winkel ϑ zwischen den Polrädern in diesem Augenblick bis fast 65 ° steigt. Infolge des Entlastungstoßes allein würden die Maschinen, wie bei den anderen Versuchen, stabil bleiben, wie auch das Zurückgehen der Schwingung bei etwa 1 s beweist. Nun wurde 1 s nach Entlasten der Kurzschluß gemacht, der die synchronisierende Leistung sofort auf etwa 50 % vermindert — kurzzeitig sogar noch etwas mehr infolge der Verluste durch den Wirbelstromeffekt im Läufer — und Außertrittfallen bewirkt. Das Ventil hat in diesem Augenblick (bei 1 s) erst um 18 % geschlossen, so daß die zu übertragende Leistung der Maschine 3 größer als die Kippleistung ist (vgl. Abb. 12). Der Winkel ϑ vergrößert sich nun schnell, die Maschinen fallen bei 1,5 s außer Tritt. Bei 2 s befinden sich die Polräder in Phasenopposition, bei 3 s ist wieder die Phasengleichheit erreicht. Bei 3,5 s wird der Kurzschluß fast im günstigsten Moment der Phasengleichheit abgeschaltet. Die Polräder schwingen noch über die statische Stabilitätsgrenze von 90 ° hinaus bis auf $\vartheta = 130°$, hierauf wieder stabil zurück und fallen in Tritt; die Ventile hatten in diesem Augenblick nämlich inzwischen ihre Leerlauffüllung erreicht, so daß sich also die Maschinen auf ihre Leerlauflage einschwingen. Bei der großen Pendelung tritt eine erhebliche Spannungsenkung an den Klemmen der Maschinen auf. Das Überschwingen über die statische Stabilitätsgrenze (Leistungsmaximum) ist aus der Einsattelung der Leistungskurve zu erkennen. Die mittlere Drehzahlsteigerung infolge der Entlastung der Maschinen erreicht den größten Wert von 5 % bei 4 s. Die Spannung an den Maschinen fällt bei Kurzschluß zunächst um den Streuspannungsabfall auf 60 %; bei 3 s (Phasenopposition) erreicht sie den tiefsten Wert von nur 15 %. Die Spannung in der Stichleitung ist in diesem Augenblick Null und ebenfalls ihr Kurzschlußstrom. Nach Abschalten des Kurzschlusses erholt sich die Spannung sehr bald und erreicht bei 7,5 s ihren ursprünglichen Wert. Eine schwache Schwingung der Ventile ist erst beim Einpendeln vorhanden, wo die Geschwindigkeitschwankungen ja auch größer sind als beim asynchronen Durcheinanderlaufen; der Phasenlage nach dürften die Regler bzw. Ventilschwingungen auf die Polradpendelung schwach dämpfend wirken. In Abb. 13 ist das Leistungsoszillogramm in das N-ϑ-Diagramm mit Sekundenmarkierung übertragen, aus der sich die Energiebilanz der Schwingungen ergibt. Man sieht, daß durch die langsame Leistungsherunterregelung und das schnelle Absinken der Kippleistung eine erhebliche, den Schlupf vergrößernde Überschußenergie auftritt, die beim Einpendeln nach einmaligem Überschlagen des Polrades durch die Dämpfung schließlich wieder vernichtet wird. Außer durch schnelles Herabregeln der Leistung könnte die Stabilität durch Schnellerregung oder schnelles Abschalten des Kurzschlusses gesichert werden. Die Abschaltzeit bestimmt sich graphisch aus dem Diagramm; man ermittelt den Winkelweg $\Delta\,\vartheta$ durch Abgleich der über- und unterschießenden Flä-

chen; zum Durcheilen desselben ist die auf die Pendeldauer bezogene Zeit

$$v\,t = 2\pi\sqrt{2\,\Delta\,\vartheta\,\frac{M_s}{M_d}} \qquad (2)$$

erforderlich (M_s synchronisierendes, M_d mittleres Überschußdrehmoment). Mit $\Delta\,\vartheta = 0{,}14$, $M_s/M_d = 0{,}3$, $v/2\,\pi = 0{,}5$ ergibt sich $t = 0{,}6$ s für unser Versuchsbeispiel.

Abb. 14. Kurzschlußversuch dreipolig, ohne Spannungsregler.

Abb. 14 zeigt den gleichen Versuch mit längerer Kurzschlußdauer (4 s) bei etwas schwächerer Belastung im Anfang (Maschine 2: 15 MW, 147 % Erregung, $\cos\varphi = 0{,}95$; Maschine 3: 1 MW, 66 % Erregung, $\cos\varphi = 0{,}8$). Die Stoßpendelungen sind geringer. Die Maschinen überschlagen sich jetzt während des Kurzschlusses dreimal und nach Abschalten desselben noch zweimal, bevor sie wieder in Tritt fallen. Der Schlupf nimmt beim Durcheinanderlaufen zunächst noch wieder langsam zu und dann erst ab, nachdem der Regler die Füllung der Turbine genügend verkleinert hat. Bei Ein- und Abschalten des Kurzschlusses sinkt und steigt die Spannung an den Maschinen plötzlich um den Streuspannungsabfall, der etwa den gleichen Wert hat wie in Abb. 12. Bei asynchronem Durcheinanderlaufen treten die Spannungsminima jedesmal in der Phasenopposition, die Maxima in der Phasengleichheit auf. Die Spannung der Maschine 3 liegt hierbei tiefer als 2 entsprechend ihrer Untererregung. Nach dem Abschalten des Kurzschlusses, das hier im ungünstigen Moment $\vartheta = 90°$ erfolgt, steigen die Amplituden der Leistungskurve an entsprechend dem langsamen Heraufarbeiten der Maschinen-Luftspalt-Spannungen; bei 8 s ist der stabile Umkehrpunkt der Polradbewegung erreicht. Die maximale Drehzahlerhöhung nach 5 s beträgt 6,5 % und fällt dann langsam auf den Endwert von 5 %. Das gegenseitige Ansynchronisieren im Kurzschluß geht langsamer vor sich, da auch die dämpfenden Kräfte durch den Kurzschluß weitgehend vermindert werden und das Dämpfungsverhältnis auf etwa 1/4 des früheren Wertes sinkt, wie die nähere Auswertung der Leistungskurve nach Abb. 7 u. 8 ergab.

Abb. 15 zeigt schließlich denselben Versuch, jedoch jetzt mit Spannungsregler an Maschine 2. Die Belastungen betragen bei 5,8 kV für Maschine 2: 18 MW, $\cos\varphi = 1$, 145 % Erregung, für Maschine 3: 1 MW, 66 % Leerlauferregung. Der Kurzschluß wird wieder nach 1 s eingeleitet und bleibt etwa 5 s bestehen. Sein Zuschalten erfolgte fast gerade beim größten Pendelausschlag; dementsprechend erhält die generatorisch arbeitende Maschine einen stärkeren Bremsstoß, der von den ohmschen Verlusten durch die Kurzschlußströme herrührt; bei Fernleitungen mit größerem Widerstandswinkel $\varrho = \operatorname{arc\,tg} R/\omega L$ dürfte diese Wirkung noch größer sein. Die Spannung der Maschine 2 sinkt bis auf etwa 30 % und wird durch den Schnellregler hierauf langsam verstärkt; die Leistungsamplituden steigen schwach an; bei 6 s wird der Kurzschluß aufgehoben. Die Polräder befinden sich in diesem Zeitmoment etwa in derselben ungünstigen Phasenlage ($\vartheta = 90°$) wie beim letzten Versuch. Sie überschlagen sich jedoch jetzt nur noch einmal, was auf die schnellere Wiederherstellung der Spannung durch den Spannungsregler während des Intrittfallens zurückzuführen ist.

Man sieht, daß der Spannungsregler das Außertrittfallen nicht verhindert, da er in einer viertel Pendelschwingungsdauer die Erregung nicht nennenswert verstärkt; durch die Erhöhung der Polradspannung beim asynchronen Durcheinanderlaufen bewirkt er eine stärkere Dämpfung und schnelleres Einschwingen nach Abschalten, allerdings auch höhere Ströme. Im übrigen lassen die Versuche das günstige Abschalten des Kurzschlusses bei Phasengleichheit erkennen. Bei Phasenungleichheit wird der Schlupf zunächst noch vergrößert.

Abb. 15. Kurzschlußversuch dreipolig, mit Spannungsregler an Maschine 2.

(Schluß folgt.)

RUNDSCHAU.

Elektromaschinenbau.

Spannung und Frequenz am Kommutatoranker. — Laible leitet mit Hilfe der Taylorschen Reihe die an den Bürsten eines Kommutatorankers auftretende Spannung e_b aus der in der Ankerwicklung induzierten Spannung e_i ab. Die Flußverkettung ψ einer Spule zwischen 2 Bürsten ist ganz allgemein eine Funktion der räumlichen Lage α der Spule und der Zeit t. $\psi = F(\alpha, t)$. Die induzierte Spannung ergibt sich daher zu

$$e_i = -\frac{d\psi}{dt} = -\frac{\partial F(\alpha, t)}{\partial t} + \omega_k \frac{\partial F(\alpha, t)}{\partial \alpha} = f(\alpha, t),$$

worin $\omega_k = -\frac{d\alpha}{dt}$ die Winkelgeschwindigkeit des Ankers bedeutet. Die Bürstenspannung erhält man nun hieraus, wenn man für α einen konstanten Wert α_0 einsetzt:

$$e_b = f(\alpha, t)_{\alpha = \alpha_0} = \text{konst.}$$

Der Verfasser wendet die gefundene Rechenvorschrift auf die wichtigsten Kommutatormaschinen an und erhält für die Gleichfeldmaschine

$$e_b = \omega_k \left\{ \frac{\partial F(\alpha)}{\partial \alpha} \right\}_{\alpha = \alpha_0},$$

für die Wechselfeldmaschine

$$e_b = \omega F(\alpha_0) \sin(\omega t) + \omega_k \left\{ \frac{\partial F(\alpha)}{\partial \alpha} \right\}_{\alpha = \alpha_0} \cos(\omega t).$$

Hierin stellt das erste Glied die Transformationsspannung, das zweite die Rotationsspannung dar, und ω ist die Kreisfrequenz der angelegten Spannung. Für die Drehfeldmaschine ergibt sich

$$e_b = (\omega - \omega_k)\, \psi_{max} \sin(\alpha_0 + \omega t)$$

und für den Frequenzumformer, der einen Sonderfall der Drehfeldmaschine darstellt,

$$e_b = \omega\, \psi_{max} \sin\left[\alpha_0 + (\omega + \omega_k)\, t\right].$$

Die abgeleitete Formel gilt streng genommen nur für Leerlauf, da die Bürstenspannung bei Belastung infolge der Spannungsabfälle in der Wicklung von den Formelwerten abweicht. (Th. Laible, Elektrotechn. u. Maschinenb. Bd. 49, S. 121.) *Zrn.*

Apparate.

Eisler - Electric - Hochvakuumpumpe. — Die Eisler-Electric Corporation in Newark, N. J., V. S. Amerika, hat ihre Hochvakuumpumpen umgebaut. Die neuen Maschinen (Abb. 1) benötigen keine Zusatzpumpe, sondern erzeugen in sich selber ein Vakuum von 0,00001 mm Quecksilbersäule. Eine Aufhebung des Vakuums kann die Maschine nicht beschädigen. Die Pumpe arbeitet unter Öl, das sich in einem Vakuum befindet; dadurch ist, abgesehen von der Dichtung, zugleich die Möglichkeit der Wärmeableitung gegeben. Zum Antrieb dient ein Elektromotor mit Reduktionsgetriebe. Die Pumpe findet u. a. in der Röhrenfertigung und bei Quecksilberdampf-Gleichrichtern Anwendung. *fi*

Abb. 1. Hochvakuumpumpe.

Hilfsapparate für Quecksilberdampf-Großgleichrichter der Gen. El. Co. — Das einwandfreie Arbeiten des Großgleichrichters hängt in entscheidendem Maß von dem Zustand seiner Hilfsapparate ab, deren Ausbildung aus diesem Grunde besondere Sorgfalt zugewendet werden muß. In dem aus Stahl bestehenden Gleichrichterbehälter soll betriebsmäßig ein Druck von etwa 0,0005 mm Hg herrschen; Drucke über 0,005 ... 0,010 mm Hg führen schon zu Rückzündungen und unstabilem Brennen. Die Vakuumanlage ist daher der wichtigste Teil der ganzen Hilfsapparatur. Sie besteht aus Vakuumabsperrventil, Quecksilberdampfstrahlpumpe, Vorvakuumbehälter, rotierender Ölpumpe als Vorvakuumpumpe und den Vakuummeß- und Kontrollvorrichtungen. Die zweistufige Quecksilberdampf-Hochvakuumpumpe arbeitet ständig und besitzt elektrische Heizung; die rotierende Ölpumpe braucht innerhalb 24 h nur etwa 1 h zu arbeiten. Das Vakuumabsperrventil ist nötig, um auch während der Vornahme von Reparaturen an der Vakuumanlage das Gleichrichtergefäß evakuiert stehen lassen zu können. Die Höhe des Vakuums kann durch ein von Hand bedienbares McLeodsches Manometer und außerdem durch ein Hitzdrahtmanometer (Pirani-Manometer) gemessen werden. Der Meßwiderstand ist in einem mit dem Gleichrichter in Verbindung stehenden Gefäß angebracht und liegt in Brückenschaltung symmetrisch zu einem zweiten Hitzdraht in einem ebenfalls evakuierten, aber abgeschlossenen Gefäß. Die Brücke liegt an einem Anzeigeinstrument, an dem der Druck in Mikron (0,001 mm) abgelesen werden kann. Je nach seiner Stellung bewirkt der als Kontaktgeber ausgebildete Zeiger dieses Meßinstruments das Ein- und Ausschalten der Vorvakuumpumpe oder bei zu hohem Druck im Gleichrichtergefäß das Abschalten des Gleichrichters bzw. die Auslösung eines Alarmsignals. Das erstmalige Einschalten des Gleichrichters und das Wiedereinschalten nach Erlöschen durch zu geringe Belastung geschieht durch eine magnetisch betätigte Zündanode. Der Gleichrichter muß gekühlt werden; ist nicht genügend Frischwasser vorhanden, so wird eine aus Zirkulationspumpe, Oberflächenkühler, Ventilator und Vorratsbehälter bestehende Rückkühlanlage verwendet. Die Temperatur des Gleichrichters wird durch einen den Wasserzulauf steuernden Thermostaten konstant gehalten. Bei zu niedriger Außentemperatur verhindern Heizelemente das Einfrieren des Kühlwassers. Die Anoden werden bei Außerbetriebsetzung selbsttätig geheizt, um ein Niederschlagen des Quecksilberdampfes an ihnen zu vermeiden. Zur Entfernung der an den Innenflächen absorbierten Gasreste bei der ersten Inbetriebnahme oder nach längerem Stehen an der Luft ist ein eigener kleiner Ausheiztransformator vorgesehen. Gefährliche Oberwellen werden durch Resonanzkreise (Kondensatoren in Reihe mit Luftdrosselspulen) kurzgeschlossen. (E. S. Waterman, Gen. El. Rev. Bd. 34, S. 228.) *Kll.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

Erschütterungsfreie Aufstellung für empfindliche Meßinstrumente. — Die bekannteste erschütterungsfreie Aufstellung ist die Juliussche Aufhängung. Bei ihr hängt das Gestell an drei 2 ... 3 m langen Drähten aus Stahl oder weichem Eisen. R. Müller beschreibt eine Umkehrung dieser Aufhängung, bei welcher die Erschütterungen mit Hilfe dreier elastischer Stützen beseitigt werden, und die die Wirkung der Juliusschen Aufhängung erreicht und in vielen Fällen übertrifft. Auf eine Schwächung der Vertikalkomponente wird dabei verzichtet. Das Modell besteht aus einer stabilen Grundplatte, die drei vertikale elastische Messingstäbe von 50 cm Länge trägt. Diese tragen oben drei Messingstücke, an denen an drei Aluminiumstäben das eigentliche Gestell hängt. Diese Stäbe sind durch zwei sternförmige Gebilde aus Duraluminiumguß verbunden. Das obere trägt das Instrument und besitzt auf seiner Unterseite ein Gefäß, das zur Aufnahme von Zusatzgewichten dient. Diese werden so gewählt, daß die Translationsdauer des Gestells etwa zwei Sekunden beträgt. Diese große Schwingungsdauer ist für die Erschütterungsfreiheit wesentlich. Der untere Stern trägt die Dämpfungseinrichtung. Es wird vollständig auf eine Dämpfung von außen, die leicht Erschütterungsimpulse überträgt, verzichtet. Die Dämpfungseinrichtung besteht aus vier flachen geschlossenen Schalen, die teilweise mit Paraffinöl gefüllt sind. Die innere Reibung des Öls dämpft sowohl Rotations- wie Translationsschwingungen in vorzüglicher Weise ab. (R. Müller, Ann. Phys. Bd. 1, S. 613.) *Br.*

Installation.

Schalter-Klemmdose. — Wenn man die an den oberen Wandflächen angebrachten Abzweigdosen vermeiden will, welche architektonisch nicht gerade schön zu nennen sind, kann man den Schalter bzw. Steckkontakt mit der Dose kombinieren. Dieser Gedanke ist durch die Schalter-Klemmdose der Firma Lange & Co., Lüdenscheid, verwirklicht worden (Abb. 2). Aus der Skizze Abb. 3 geht hervor, daß die Dose nicht sichtbar, aber trotzdem gut zugänglich angeordnet ist. Vorstehende oder zurückliegende Deckel,

Abb. 2. Schalter-Klemmdose.

a Raum für die Klemmen
b Raum für Schalter oder Stecker
c Raum für die Leitungen und weitere Klemmen
d Zu- und Ableitungen
e Schalter bzw. Steckkontakt
f Porzellanklemme
g Putz

Abb. 3. Schnitt durch die Schalter-Klemmdose.

wie man sie bei den normalen Abzweigdosen vielfach bemerken kann, entfallen also, ebenso Beschädigung der Tapeten. Man braucht nicht mehr nach den überputzten oder übertapezierten Dosen zu suchen, da Störungen nur in der Schalter-Klemmdose zu beseitigen sind, und die Montage wird einfacher. Selbst bei Verlegung der Rohre in der bisher üblichen Höhe unter der Decke hat sich ein Mehrverbrauch von nur einigen Metern Leitung ergeben, was gegenüber den erzielten Vorteilen als unerheblich angesehen werden kann. *fi*

Landwirtschaft.

Eine Warnung für die Elektroindustrie!

In den Kreisen der Elektroindustrie bestehen seit Jahren die Bestrebungen, mit der Landwirtschaft in engere Fühlung zu kommen, um auf der einen Seite aufklärend über die Anwendung der Elektrizität in den verschiedenartigen Zweigen der Landwirtschaft zu wirken und auf der anderen durch die Fühlungnahme in der Lage zu sein, die elektrischen Maschinen, Geräte, Verfahren usw. besser den Bedürfnissen der Landwirtschaft anpassen zu können. Wie wünschenswert und notwendig es ist, daß dieser enge Kontakt ganz allgemein zwischen der Industrie und der Landwirtschaft hergestellt wird, kam auf der diesjährigen Tagung des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute, auf der ein Nachmittag diesem Problem gewidmet war, erneut zur Sprache.

In großangelegtem Vortrage sprach zunächst der Präsident des Reichskuratoriums für Technik in der Landwirtschaft, Landrat a. D. v. Wilmowsky, über „Entwicklungsprobleme in der deutschen Landwirtschaft". Er wies einleitend darauf hin, daß vor dem Kriege die Landwirtschaft zwar die Produktion auf der gegebenen Fläche erheblich gesteigert habe, z. B. bei Getreide und Kartoffeln um nahezu 50 %, aber trotzdem keine Schwierigkeiten für den Absatz gehabt habe, da gleichzeitig eine starke Zunahme der Bevölkerung erfolgte. Nach dem Kriege gälte es für die deutsche Landwirtschaft, ihre Erzeugung um jeden Preis zu steigern, um sich unabhängig vom Ausland zu machen, jedoch würden diese Produkte in Deutschland durch Steuern und Sozialabgaben ungewöhnlich stark belastet, so daß die Preise ziemlich hoch lägen. Anders lägen die Verhältnisse jetzt, wo im Ausland die landwirtschaftliche Produktion stark zugenommen habe. Es seien demgegenüber die Preise im Ausland auf Grund der Fortschritte der Technik, wie z. B. durch Anwendung der Schlepper und Mähdrescher, gesunken. Hierdurch sei erzielt, daß z. B. in Kansas ein Zentner Weizen etwa 4,70 RM koste gegen 8 ... 11 RM in Deutschland.

Immerhin könnte künftig in Deutschland die Landwirtschaft noch einen bescheidenen Gewinn abwerfen, Voraussetzung hierfür sei Anwendung aller Mittel der Technik, Vermeidung von Leihkapital und Senkung der öffentlichen Lasten. Damit die Landwirte hierfür gerüstet seien, wäre aber eine Ausdehnung und Verbesserung des Unterrichts- und Beratungswesens erforderlich. Die Mechanisierung müsse unbedingt weiter gefördert werden, wenn diese zwar den Bauer und seine Familie lediglich von körperlicher Arbeit entlaste, ohne daß er dadurch auf Hilfskräfte verzichten könne.

Der Vortragende brachte weiter zum Ausdruck, daß nach seiner Ansicht die bäuerliche Siedlung keine nennenswerte Entlastung des Arbeitsmarktes bringen könne, da doch die Zahl der Siedler im Verhältnis zu den Arbeitslosen viel zu gering sei. Da wohl zu erwarten sei, daß in der Industrie auf längere Zeit hinaus die alte Beschäftigung nicht wieder erreicht werde, so stelle die Nebenerwerbs-Siedlung einen durchaus begrüßenswerten Ausweg dar, der die Siedler bis zu einem gewissen Grade krisenfest mache. Mit Nachdruck betonte der Vortragende zum Schluß, daß ein möglichst enges Zusammenarbeiten zwischen Industrie und Landwirtschaft unbedingt wünschenswert und notwendig zum Besten der deutschen Volkswirtschaft sei.

In dem zweiten, ebenfalls recht bedeutenden Vortrage sprach Zivilingenieur Zander, Vorstandsmitglied des RKTL, über „Die Mechanisierung der deutschen Landwirtschaft in Gegenwart und Zukunft". Redner wies darauf hin, daß die Aussichten für die Mechanisierung in den verschiedenen Gruppen der deutschen Landwirtschaft verschieden seien. Bei den Großbetrieben (Güter über 100 ha) sei besonders dringend die Verminderung der Unkosten für Löhne und Zugkraft, die durch die Mechanisierung möglich sei. Selbstverständlich könne beim Getreidebau die Mechanisierung nicht einen derartigen Umfang annehmen wie in Übersee, jedoch ließe sich für die deutschen Verhältnisse auch ein zweckmäßiger Ausweg finden. Die leichte Ermöglichung der Motorisierung und Mechanisierung beim Kartoffelbau führe zu einer Abwanderung der Schweinezucht von den westlichen handwerklich-bäuerlichen Betrieben zu den Kartoffel-Großbetrieben im Osten.

Die großbäuerlichen Betriebe (20 ... 100 ha) hätten vielfach die Mechanisierung wie Motorisierung bereits mit Erfolg eingeführt, wobei allerdings Voraussetzung ein geeigneter Betriebsleiter sei. Der größte Teil der gesamten in Deutschland landwirtschaftlich ausgenutzten Fläche (etwa 80 %) wird allerdings von Kleinbauern bewirtschaftet, die bei ihrer jetzigen Betriebsform mehr und mehr verarmen müßten. Wenn nicht in Deutschland oder überhaupt in Europa für den kleinbäuerlichen Betrieb die Gemeinschaftsform der Russen Einführung finden soll, müsse man eine neue Betriebsform in Gestalt des Eigenbetriebes mit gewissen genossenschaftlichen Ergänzungen ausbilden. Wie bereits v. Wilmowsky ausführte, betonte auch Zander, daß in kleinbäuerlichen Betrieben durch die Mechanisierung keine Menschen frei würden, sondern daß sie lediglich von körperlicher Arbeit Entlastung fänden, was allerdings an sich sehr zu begrüßen sei. Z. B. versprach er sich auch viel von der Einführung eines luftgekühlten Zweitaktmotors, der eine betriebsichere Ausführung gestatte. Hierdurch wäre zwar die Aufbringung von neuem Kapital, wenn auch in verhältnismäßig kleinem Umfange, notwendig. Dies könne nur dann verantwortet werden, wenn die deutsche Landwirtschaftsfrage von der Politik losgelöst würde und zu ihrer Lösung ein festes, langfristiges Programm von etwa 10 Jahren aufgestellt würde.

Endlich hob Zander noch hervor, daß durch ein verständnisvolles Zusammenarbeiten von Industrie und Landwirtschaft schon recht ersprießliche Erfolge zu buchen wären, wie man sie in der beträchtlichen Qualitätssteigerung der verwendeten Werkstoffe und den bedeutend verbesserten landwirtschaftlichen Maschinen sehen könnte, die den ausländischen jetzt durchaus gleichwertig wären. Hierdurch sei es auch möglich geworden, daß die Landwirtschaft an dritter Stelle unter den Eisenverbrauchern — nur 3 % unter den größten — stehe.

Der Vorsitzende des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute, Generaldirektor Dr. Vögler, Dortmund, unterstrich gleichfalls die Notwendigkeit einer engen Zusammenarbeit dieser beiden „Eyth-Genossen", die fraglos zum Vorteil der deutschen Volkswirtschaft führen würde; er prägte damit übrigens ein schönes Wortspiel. Er freue sich, daß bereits bedeutsame Erfolge aus diesem Zusammengehen festgestellt seien. Ferner wies er auf seine schon vor 8 Jahren an der gleichen Stelle gemachten Ausführungen hin, in denen er erklärt habe, wie sehr der Inlandsmarkt von einer kaufkräftigen Landwirtschaft abhänge und wie entsprechend eine Stärkung des Inlandsmarktes durchaus zu fördern sei. Seine damaligen Ausführungen könne er heute nur voll und ganz wiederholen. Wenn v. Wilmowsky betont habe, daß gerade die landwirtschaftlichen Betriebe am schwersten

zu kämpfen hätten, die in jüngerer Zeit zwecks Intensivierung ihrer Betriebe erhebliche Mittel aufgewandt hätten, so gälte genau das gleiche auch für die industriellen Unternehmungen, denen es zur Zeit ebenso schlecht ginge.

Zusammenfassend kann man über diese Vorträge auf dem Eisenhüttentag sagen, daß für die Elektroindustrie als besonders beachtenswert die Tatsache hervorzuheben ist, wie beide Vortragende darauf hinwiesen, daß in der Landwirtschaft der Trecker wie auch der Rohölmotor sich offenbar als recht vorteilhaft erwiesen hätten, und daß beiden in Zukunft wohl eine bedeutsame Rolle zukommen dürfte. Das bedeutet für die Elektroindustrie entschieden eine schwere Gefahr, da bisher doch der Elektromotor in der Landwirtschaft einen breiten Absatz gefunden hat. Dieses Moment ist daher als Warnung dringend zur Beachtung zu empfehlen, u. zw. sowohl für die Elektro-Maschinenindustrie als auch für die stromliefernden Elektrizitätswerke, für die der Motor bisher der größte Stromverbraucher in dem leider überhaupt nur schwach ausgenutzten Verteilungsnetz auf dem Lande war. Die Mechanisierung bedeutet in starkem Maße eine Elektrisierung der Landwirtschaft, die sich auf Feld, Hof und neuerdings — durch die elektrische Küche — auch auf die Hausarbeit erstreckt. Ein besonderes Augenmerk ist auf eine weitere Steigerung der Betriebsform in Gestalt der Automatisierung zu richten, denn gerade dies ist das unbestrittene Anwendungsgebiet der Elektrizität als Kraft- und Wärmequelle. Ferner ist man in diesem Falle auch in der Lage, tarifliche Vergünstigungen, z. B. billigen Nachttarif, zum Vorteil des Landwirts auszunutzen.

Wenn die auf dem Eisenhüttentag erneut als dringend notwendig bezeichnete Gemeinschaftsarbeit von seiten der Landwirte künftig ebenso ernsthaft wie eifrig betrieben wird wie von seiten der Techniker, was bisher in dem Maße nicht der Fall war, so wird der Erfolg für beide Gruppen nicht ausbleiben. Vent.

Hochspannungstechnik.

Gewitterforschungen an einem 220 kV-System. — Die Gewitterforschungen des Jahres 1928 und 1929 wurden an zwei 220 kV-Leitungen durchgeführt. Die mittels Kathodenstrahl-Oszillographen aufgenommenen Wanderwellen können durch drei Gruppen schematisiert werden.

Tafel 1. Hauptformen von Wanderwellen, durch Gewitter erzeugt.

Gruppe	Anstieg der Welle bis zu dem Wert in Prozent des Maximalwertes, Zeit in μs			Bemerkungen
	75 %	100 %	0 % (Nulldurchgang)	
1	2 ... 5	3 ... 11	18 ... 30	Stirn stets positiv
2	—	1,6 ... 8	29 ... 50	Isolatorüberschlag in der Nähe der Meßstelle
3	—	4 ... 15	36 ... ?	Stirn meist negativ, Wellenrücken periodisch
Mittelwerte	1 ... 36	1,2 ... 82	4 ... 156	

Die meisten Wellen haben Stirnen von der Dauer 3 ... 8 μs, 70 % davon sind positiv; 60 % haben oszillatorischen Charakter in Form einer überlagerten Schwingung. Über die Hälfte der aufgezeichneten Wellen hatten eine Spannungshöhe von 900 kV (fünfmal die Normalspannung). Auf 100 festgestellte Betriebsstörungen durch Gewitterwolken kamen rd. 40 aufgezeichnete Wellen ohne Leitungsausfall. Direkte Einschläge wurden zweimal festgestellt und die Stromstärke zu 60 000 und 100 000 A bestimmt. (Gegen die in Amerika übliche Meßmethode zur Blitzstrombestimmung bestehen mehrfach Einwände. Anm. d. Berichters.) 3 ... 5 Ketten wurden mehrfach übergeschlagen und durch Lichtbogen verbrannt. Die äußeren Seile sind höher gefährdet. Die Mehrzahl der Betriebsunterbrechungen sind Störungen in einigen Phasen gleichzeitig. Die bekannte Tatsache, daß positive Wanderwellen schneller gedämpft werden, wurde neuerdings bestätigt. Erd- und Bodenseile wirkten sich günstig aus. (N. N. Smeloff u. A. L. Price, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 49, S. 771.) *Hlz.*

Verschiedenes.

Elektrotechnische Neuerungen. Die in der ersten Märzwoche 1932 im Hause der Elektrotechnik zu Leipzig stattfindende Frühjahrsausstellung wird wieder eine Fülle von Neuerungen der elektrotechnischen Industrie aufweisen. Wer über seine Neuerungen noch nichts veröffentlicht hat, tut gut, einen kleinen Originalbericht mit Abbildungen für das Frühjahrsmesseheft der ETZ bis spätestens 25. I. 1932 an die „Schriftleitung der ETZ“, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33 II, zu senden. Nach dem 1. Februar 1932 können Einsendungen nicht mehr berücksichtigt werden.

40 Jahre Deutscher Verein für den Schutz des gewerblichen Eigentums. — Der Deutsche Verein für den Schutz des gewerblichen Eigentums kann am 19. XII. 1931 auf ein 40jähriges Bestehen zurückblicken. Er ist s. Z. gegründet worden, um durch Zusammenschluß von juristischen Theoretikern und Praktikern mit den Wirtschaftskreisen die Rechtsentwicklung auf seinem Gebiet zu fördern, sowie um die Eingliederung des Deutschen Reichs in die internationalen Beziehungen zu betreiben. Für die Durchführung dieser Aufgaben sind von Anfang an Richtlinien maßgebend gewesen, deren konsequente Durchführung die Arbeit des Vereins im In- und Ausland, auch bei den Behörden, zu hohem Ansehen gebracht hat. So ist von jeher großer Wert darauf gelegt worden, bei der Zusammensetzung des Vorstandes und der Arbeitsausschüsse tunlichst alle interessierten Kreise gleichmäßig zu berücksichtigen, so daß in diesen Gremien neben ersten wissenschaftlichen Autoritäten, hervorragenden Anwälten und Richtern die Vertreter der Spitzenverbände der Industrie und des Handels, von großindustriellen, mittleren und Einzelunternehmen sowie der Angestelltenschaft sitzen. Diese vielseitige Besetzung ermöglicht es, alle Standpunkte und Interessen zu berücksichtigen und gegeneinander auszugleichen. Seine glückliche Entwicklung verdankt der Verein besonders auch den Vorsitzenden v. Schütz, Duisberg und Mintz sowie dem langjährigen, verstorbenen Generalsekretär A. Osterrieth.

In den Ausschüssen des Vereins gelangt in regelmäßiger Arbeit die Reform der Gesetze zur Bearbeitung. In Monatsversammlungen werden Vorträge über aktuelle Fragen gehalten, die gewöhnlich, ebenso wie die anschließende Diskussion, auf hohem Niveau stehen. Die Vereinszeitschrift „Gewerblicher Rechtsschutz und Urheberrecht“ stellt seit langen Jahren eine wertvolle Fundgrube für Aufsätze, Entscheidungen und wichtige Gesetzesänderungen des In- und Auslandes dar und ist, namentlich unter dem jetzigen Herausgeber Mintz, zum führenden Organ des gewerblichen Rechtsschutzes und Urheberrechts geworden. Bei der Bedeutung dieser Gebiete für weite Kreise kann man dem Verein nur wünschen, daß er mit so gutem Erfolg wie bisher weiterarbeiten und die Unterstützung aller interessierten Kreise finden möge. H. Herzfeld.

Energiewirtschaft.

Einfluß der Wirtschaftskrise auf die Stromerzeugung verschiedener Länder. — Ein empfindliches Barometer der Wirtschaftslage ist die Stromerzeugung der Elektrizitätswerke. Wenn auch der Stromverbrauch der Haushaltungen i. a. ziemlich stabil geblieben ist, drückt sich doch der Ausfall, der durch die teilweise oder vollständige Stilllegung ganzer Industrien verursacht wird, infolge der Größe der hier in Frage stehenden Energiemengen in den meisten Ländern in den Stromerzeugungsziffern aus. Die folgende Zahlentafel gibt für die wichtigsten Industriestaaten Europas und Nordamerikas die Stromerzeugung der öffentlichen Elektrizitätswerke in den Jahren 1929 und 1930 und in den ersten sieben Monaten von 1930 und 1931 sowie die entsprechenden Veränderungen in Prozent an:

Land	Januar/Dezember			Januar/Juli		
	1929	1930	Veränderung %	1930	1931	Veränderung %
	Mill kWh			Mill kWh		
England	10 294	10 869	+ 5,6	6 207	6 415	+ 3,4
Italien	9 502	10 025	+ 5,5	5 840	5 593	— 4,2
Kanada	17 626	17 856	+ 1,3	10 376	9 536	— 8,1
Frankreich	.	.	.	5 882	5 338	— 9,2
V.S. Amerika	90 084	88 592	— 1,7	52 377	49 637	— 5,2
Deutschland	16 905	16 214	— 4,1	9 405	8 308	—11,7

Während das Jahr 1930 für England und Italien noch eine recht bedeutende, für Kanada eine geringere Zunahme in der Erzeugung brachte, haben im laufenden Jahr alle Länder mit Ausnahme von England einen z. T. sehr beträchtlichen Ausfall zu verzeichnen. Daß die Stromerzeugung in England auch in den letzten Monaten noch zugenommen hat, liegt im wesentlichen daran, daß hier die

Elektrisierung, die in vielen Teilen des Landes noch ziemlich unentwickelt ist, von der Regierung nachdrücklich und planmäßig ausgebaut wird. Den größten Rückgang hat in beiden Jahren Deutschland zu verzeichnen, doch ist auch Frankreich 1931 — die Vorjahrsziffern liegen nicht vor — stark betroffen. Über die augenblicklichen Verhältnisse geben die Zahlen insofern kein ganz zutreffendes Bild, weil die Krise gerade in den letzten Monaten auch das Ausland in besonderem Maß ergriffen hat. *Nsl.*

Aus der deutschen Elektrizitätswirtschaft[1]. — Im Geschäftsbericht der Elektrizitäts-AG. vorm. W. Lahmeyer & Co., Frankfurt a. M., für 1930/31 wird in bezug auf die Wirkung der Wirtschaftskrise gesagt: „Zwar ist bei den Elektrizitätswerken erfreulicherweise immer noch eine Steigerung des Stromverbrauchs für Haushaltszwecke, besonders für Kochzwecke, festzustellen, während diejenigen Werke, welche in erheblichem Maße Industriestrom liefern, fast allenthalben Minderabsatz zu verzeichnen haben, für welche in den Einnahmen und Überschüssen durch den Stromverbrauch für Haushaltszwecke und durch weitgehende Ersparnismaßnahmen nur ein teilweiser Ausgleich zu finden ist. Auch im laufenden Kalenderjahre hat der Rückgang im Stromverbrauch der industriellen Werke im allgemeinen sich fortgesetzt. Bei einigen Elektrizitätsunternehmungen ist hierin allerdings zur Zeit ein Stillstand eingetreten bzw. durch Gewinnung neuer Großabnehmer ein gewisser Ausgleich, soweit es sich um die zu liefernden Strommengen handelt, gefunden worden. Ganz unbefriedigend sind die Verhältnisse, wie bekannt, bei allen Verkehrsunternehmungen, die mit erheblich verringerten Gewinnen und zum Teil sogar mit unmittelbaren Verlusten arbeiten. Hier tritt eben am deutlichsten der Druck, der durch die verschlechterte Wirtschaftslage in allen Kreisen spürbar ist, in die Erscheinung." Der Vorstand hat mit Rücksicht auf die gegenwärtigen und vorläufig noch unklaren zukünftigen Verhältnisse eine Ermäßigung der Dividende von 12 auf 10 % vorgeschlagen. Der Gesamtanschlußwert der Elektrizitätswerke, an denen die Berichterstatterin nennenswert beteiligt ist, hat 1930 gegenüber 1929 um rd. 6 % zugenommen, die nutzbar verkaufte elektrische Arbeit war aber um rd. 4,5 % geringer.

In einer ao. GV. der Elektrizitätswerk Schlesien AG., Breslau, ist die Fusion mit der Niederschlesischen Elektricitäts- und Kleinbahn-AG., Waldenburg, beschlossen worden. Die GV. letzterer hat ihr ebenfalls zugestimmt. Da das Elektrizitätswerk Schlesien bereits den größten Teil des Aktienkapitals der Neukag besitzt und auf Grund eines besonderen Vertrags deren gesamte Anlagen mit allen Rechten und Pflichten gepachtet hat, handelt es sich bei der Fusion lediglich um die Festlegung schon seit langem bestehender Beziehungen zwischen beiden Unternehmungen in anderer Form, die gewisse Ersparnisse in der Verwaltung usw. und eine erhebliche Erhöhung der durch die Abschreibung auf die Wenceslausgrube stark verringerten Rücklagefonds der Elektrizitätswerk Schlesien AG. ergibt.

[1] Vgl. ETZ 1931, S. 1452.

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33 II, Fernspr.: C 4 Wilhelm 8885 u. 8886 zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 13302.

Erscheinen des III. Bandes der „Geschichtlichen Einzeldarstellungen aus der Elektrotechnik".

Im Interesse der wissenschaftlichen Forschung und zur Förderung der Weiterbildung der Fachgenossen gibt der Elektrotechnische Verein seit einiger Zeit eine Sammlung „Geschichtliche Einzeldarstellungen aus der Elektrotechnik" heraus. Den bereits erschienenen zwei Bänden folgt jetzt der dritte, der folgende Aufsätze enthält:

a) Dr.-Ing. W. Weicker: „Zur Geschichte des Freileitungs-Isolators".
b) Dr.-Ing. e. h. G. Fischinger: „Die Entstehungsgeschichte der ersten 100 kV-Anlage in Europa (in Lauchhammer)".
c) P. Poschenrieder: „Erinnerungen aus der Werdezeit der Elektrotechnik".

Der Verfasser des ersten Aufsatzes behandelt nach einem kurzen Hinweis auf die Entwicklung der Schwachstrom-Isolatoren die in den ersten Kraftübertragungsanlagen verwendeten Öl-Isolatoren verschiedener Form und die damit gemachten Erfahrungen. Weiter wird die Entwicklung der Hochspannungs-Stützen-Isolatoren sowie deren mannigfache äußere Form und innere Durchbildung geschildert. Den Hauptteil der Arbeit bildet die Beschreibung der Hänge-Isolatoren, wobei die Übergangsformen vom Stützen- zum Hänge-Isolator und die Entstehungsgeschichte der ersten eigentlichen Hänge-Isolatoren (Hewlett-Isolatoren) aus dem Jahre 1907 in Amerika besonderes Interesse erwecken dürften. Anschließend werden die Kappen-Isolatoren von ihren ersten Anfängen bis zu ihrer heutigen Form besprochen. Als dritte Form von Ketten-Isolatoren wird schließlich der Doppelkappen- oder Vollkern-Isolator behandelt, dessen Entwicklungsgeschichte aus den ersten, für Zwecke der drahtlosen Telegraphie dienenden Knüppel-Isolatoren manche vielleicht weniger bekannte Gesichtspunkte enthält.

Dr. Weicker, einer der gründlichsten Kenner auf diesem Gebiete, hat seit Jahrzehnten mit hervorragendem Fleiß und Interesse die Unterlagen gesammelt und ist dabei von befreundeten Herren, auch im Auslande, weitgehend unterstützt worden. Unter ausgiebiger Berücksichtigung auch der ausländischen Verhältnisse meistert der Verfasser den Stoff auf 66 Seiten mit 139 Abbildungen in gedrängter, fesselnder Form.

Die Arbeit des inzwischen verstorbenen Dr.-Ing. E. h. Fischinger schildert in lebendiger Weise die Entstehung der ersten 100 kV-Anlage in Europa (in Lauchhammer) und weckt die Erinnerung an jenes in Deutschland damals aufsehenerregende Ereignis.

Im 3. Aufsatz erzählt Poschenrieder, der frühere Leiter der Bahnabteilung der Siemens-Schuckertwerke in Wien, in anmutiger Weise Erlebnisse aus seiner beruflichen Tätigkeit.

Das Buch stellt ein nettes, preiswertes Weihnachtsgeschenk dar.

Für die Mitglieder des Elektrotechnischen Vereins und der dem Verbande Deutscher Elektrotechniker angeschlossenen Vereine kostet das Exemplar auf dem Subskriptionswege

broschiert für das Inland: 5,— RM, gebunden 5,50 RM,
„ „ „ Ausland: 5,20 „ , „ 5,70 „
einschließlich Porto und Verpackung.

Wir bitten, die Bestellungen an die Geschäftstelle des Elektrotechnischen Vereins, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 II, zu richten.

Ordentliche Sitzung

am 24. November 1931 im großen Hörsaal des Reichspostzentralamts in Berlin-Tempelhof.

Vorsitzender: Herr Staatssekretär Dr.-Ing. E. h. Feyerabend.

Vorsitzender: Ich eröffne die Sitzung und heiße Sie willkommen. Gegen den Bericht über die ordentliche Sitzung am 29. September sind Einwendungen nicht erhoben worden. Der Bericht gilt somit als angenommen. Seit der letzten ordentlichen Sitzung am 27. Oktober sind 9 Neuanmeldungen eingegangen. Ein Verzeichnis liegt hier aus.

In der nächsten ordentlichen Sitzung am 15. Dezember wird Herr Obering. SCHNEIDER vortragen über das Thema: „Die Beleuchtung bei der Arbeit, Neue Anschauungen über ihre Ausgestaltung und Wirtschaftlichkeit". Am 1. Dezember wird eine außerordentliche Sitzung, verbunden mit der 8. Hauptversammlung der Heinrich-Hertz-Gesellschaft zur Förderung des Funkwesens, stattfinden. In dieser Sitzung werden drei Vorträge über kurze Wellen gehalten werden. Am 3. Dezember wird in der Fachgruppe für Installationstechnik Herr Obering. GROSSE sprechen über „Akustische und optische Signaleinrichtungen". Ferner wird in der Fachgruppe für Elektromaschinenbau Herr Dr.-Ing. POHL am 8. Dezember vortragen über das Thema:

„Mechanische Probleme bei großen Turbogeneratoren".

Im weiteren mache ich nochmals auf das verdienstvolle Buch des Herrn Prof. Dr. Emde „Vierstellige Tafeln der Kreis- und Hyperbelfunktionen sowie ihrer Umkehrfunktionen im Komplexen" aufmerksam. Der Vorzugspreis für Mitglieder ist sehr niedrig und beträgt nur 7,50 RM einschließlich Porto und Versandkosten.

Wir kommen nun zum zweiten Punkt der Tagesordnung, zu dem Vortrag des Herrn Postrats Dr. BANNEITZ, über das Thema: „Ergebnisse der Fernsehversuche". Wegen der Benutzung ortfester Einrichtungen muß der Vortrag hier im Reichspostzentralamt stattfinden. Da der Saal nur eine beschränkte Zahl von Hörern faßt, wird Herr Dr. Banneitz für die Mitglieder, die bei der Kartenverteilung nicht berücksichtigt werden konnten, den Vortrag wiederholen; vermutlich wegen der starken Besetzung des Dezembers mit Vorträgen erst Anfang Januar. Der Zeitpunkt wird rechtzeitig bekanntgegeben werden.

Ich erteile nunmehr Herrn Dr. Banneitz das Wort zu dem Vortrage.

(Folgt Vortrag.)

Vorsitzender: Ich eröffne die Diskussion und möchte zur Einleitung mir selbst ein paar Bemerkungen gestatten. Der Vortrag ist mit Mitteln der Deutschen Reichspost veranstaltet worden. Da wird sich wohl manchem von Ihnen die Frage aufgedrängt haben: Was hat die Deutsche Reichspost mit dem Fernsehen zu tun? Ich möchte hierauf eine authentische Antwort geben, schon allein, um gewissen Kritiken, die in der Öffentlichkeit laut geworden sind, den Boden zu entziehen. Sie wissen, meine Herren, daß das Recht, Telegraphen-, Fernsprech- und Funkanlagen zu errichten und zu betreiben, ausschließlich dem Reiche zusteht. In dem Gesetz über Fernmeldeanlagen ist nun der Begriff „Funkanlagen" folgendermaßen definiert:

> Funkanlagen sind elektrische Sendeeinrichtungen sowie elektrische Empfangseinrichtungen, bei denen die Übermittlung oder der Empfang von Nachrichten, Zeichen, Bildern oder Tönen ohne Verbindungsleitung oder unter Verwendung elektrischer, an einem Leiter entlanggeführter Schwingungen stattfinden kann.

Nach dieser Definition fällt unzweifelhaft sowohl der sogenannte Bildfunk als auch das funkmäßige Fernsehen unter das Hoheitsrecht des Reichs; die Ausübung dieses Rechtes ist der Deutschen Reichspost übertragen. Diese hat sich daher aufgabengemäß mit dem Fernsehen zu befassen. Damit ist aber natürlich nicht gesagt, daß die Deutsche Reichspost auch die Entwicklung der technischen Einrichtungen für das Fernsehen zu übernehmen hat. Das überläßt sie vielmehr besser privatwirtschaftlicher Initiative und industriellem Unternehmungsgeist. Wenn aber die Deutsche Reichspost befähigt sein will, zu entscheiden, ob und in welchem Stadium der Entwicklung sie das Fernsehen in den Kreis ihrer Aufgabenerfüllung einbeziehen soll, dann muß sie den ganzen Fragenkomplex auch sachverständig beurteilen können, und das wird am besten gelernt, wenn man mitarbeitet. Auf diesem Wege kommt ja auch der Fortschritt der Allgemeinheit zugute. Anderseits verbietet die Rücksicht auf die wirtschaftlichen Interessen der Allgemeinheit, deren Wahrung der Deutschen Reichspost ebenfalls obliegt, für die Entwicklung des Fernsehens etwa geldliche Mittel in solchem Ausmaße aufzuwenden, daß die aufgewendeten Mittel nicht im richtigen Verhältnis zum Zweck ständen. Es ist daher keineswegs ausgeschlossen, daß die Deutsche Reichspost die Akten über das Fernsehen über kurz oder lang schließen muß, wenn nicht neue Erfindungen gemacht werden, die dazu nötigen, die Entwicklung wieder weiter zu verfolgen. Zur Zeit kann man wohl sagen, daß wir die physikalischen und technischen Vorbedingungen, von denen die Verwirklichung des Fernsehens abhängt, zwar gründlich erforscht haben, daß wir aber von einer praktischen und namentlich von einer kommerziellen Nutzanwendung des Fernsehens doch noch ziemlich weit entfernt sind. Bis jetzt hat man sich wohl allgemein zu großen Erwartungen hingegeben, und wir sollten uns hüten, selbst Illusionen zu unterliegen, und sollten auch die Kreise der Unsachverständigen, die die größten Erwartungen von unserer Arbeit hegen, vor Enttäuschung bewahren. Trotzdem ist das Erreichte, wie Sie selbst wohl zugeben müssen, keine Spielerei mehr, und es ist in seiner Aufgabenstellung sicher interessant genug, um auch in unserm Verein einmal behandelt zu werden.

Meine Herren, ich glaube, wir haben alle Veranlassung, dem Herrn Vortragenden dafür dankbar zu sein, daß er uns in so vortrefflicher Weise durch Wort und Bild und durch das Experiment in die Geheimnisse des Fernsehens eingeweiht hat. Ich darf Ihren Beifall, den Sie seinen Ausführungen gezollt haben, wohl als Zeichen des Dankes ansehen. (Lebhafter Beifall.)

Ich möchte nun zur Diskussion selbst auffordern. Wird das Wort gewünscht? — Das scheint nicht der Fall zu sein. Demnach sind Sie von den Ausführungen des Herrn Vortragenden und von dem durch ihn bekundeten Optimismus restlos überzeugt. (Heiterkeit und Beifall.)

Ich darf dann die Sitzung schließen mit dem nochmaligen Dank an den Herrn Vortragenden.

Neuanmeldungen zum Elektrotechnischen Verein e. V.

Altenberg, M., Direktor, Lwow (Polen)
van der Bilt, J. P. J. O., Ingenieur, Medan (Niederl. Indien)
Giesbers, Henri, Obering., Bln.-Siemensstadt
von Kiesling, Kurt Edler, Dipl.-Ing., Regenstauf (Oberpfalz)
Koch, Max, Dipl.-Ing., Oberhausen (Rhld.)
Mudrack, Gerhard, Ingenieur, Berlin
Otte, Kurt, stud. el. ing., Karlsruhe (Baden)
Rust, Hermann, Direktor, Potsdam
Strickland, J. M., Manager, Sydney (Australien)

Elektrotechnischer Verein.
Der Generalsekretär:
Dr. Schmidt.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker
(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33.
Fernspr.: Amt C 4, Wilhelm 8864—8868.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Bezug von Einbanddecken für den Jahrgang 1931 der ETZ.

Wir werden mit Abschluß des Jahres 1931 wiederum den Beziehern der ETZ Einbanddecken zur Verfügung stellen.

Die Preise sind die gleichen wie im Vorjahr und werden 2,20 RM für den Halbjahrs-Band, einschließlich Versandkosten, betragen.

Die Bestellung kann erfolgen durch Einzahlung auf unser Postscheckkonto, Berlin 21 312 (Versandanschrift genau aufgeben, ebenso Vermerk beifügen „ETZ-Einbanddecke") oder durch schriftliche Bestellung. Im letzteren Falle erfolgt der Versand unter Nachnahme zuzüglich der Unkosten hierfür.

Bekanntmachung.

Der Deutsche Ausschuß für Technisches Schulwesen (Datsch) hat ein Elektrizitätsbuch „Spannung — Widerstand — Strom" herausgegeben, das dazu bestimmt ist, lebendiges, zeitgemäßes Wissen in Schule, Werkstatt und Haushalt jedermann zu vermitteln. Preis kartoniert 2,20 RM, in Halbleinen 3 RM. Bei Mehrbezug Preisermäßigung. Bestellungen sind zu richten an: Datsch-Lehrmitteldienst, Berlin W 35, Potsdamer Str. 119 b.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

SITZUNGSKALENDER.

Deutsche Elektrotechn. Gesellschaft zu Danzig. 17. XII. 1931, abds. 8 h, T. H. Langfuhr: Lichtbildervortrag Prof. Dr. Seiz, „Drehzahlreglung und Phasenkompensation von Asynchronmaschinen".

Dresdner Elektrotechn. Verein. 17. XII. 1931, abds. 7½ h, gr. Hörsaal des Elektrot. Inst. der T. H. Helmholtzstraße 9: Vortrag Prof. Dr. Binder und Dr. Moser, „Die neue Hochspannungshalle der T. H."

Elektrotechn. Gesellschaft Magdeburg. 19. XII. 1931, abds., im Pschorrbräu: 32jähr. Stiftungsfest, verbunden mit Weihnachtsfeier.

Pomm. Elektrotechn. Verein, Stettin. 18. XII. 1931, abds. 8¼ h, Konzerthaus: Lichtbildervortrag Obering. Sauer, „El. Anlagen und Antriebe in der Papierindustrie".

Deutsche Beleuchtungstechnische Gesellschaft e. V., Berlin. 17. XII. 1931, nachm. 5½ h, alter Physikal. Hörsaal der T. H.: 1) Vortrag Dr.-Ing. W. Arndt, „Lichtmessun-

gen an Neon-Leuchtröhren". 2) Vortrag Dr.-Ing. A. Dressler, „Über die Eignung der Sperrschichtzellen zur objektiven Photometrie, insbes. über eine einfache Methode der Verstärkung der Photoströme". 3) Aussprache.

PERSÖNLICHES.

W. Stumpner †.

Am 19. XI. 1931 verschied der Oberingenieur und Bevollmächtigte der Siemens-Schuckertwerke AG., Wilhelm Stumpner, in Nürnberg nach einer fast 42jährigen Dienstzeit. Er war am 12. V. 1867 in Nürnberg geboren und trat am 9. XII. 1889 nach Abschluß seiner Studien an

W. Stumpner †.

der Technischen Hochschule München in das Laboratorium der Firma Schuckert & Co. ein, welches damals unter der Leitung von Georg Hummel stand. Hier beschäftigte er sich u. a. mit der Ausbildung der bekannten Hummelschen Strom- und Spannungsmesser, welche als erste von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt beglaubigt wurden, besonders aber mit den ebenfalls von Hummel angegebenen Motor-Elektrizitätszählern für Gleichstrom, die damals im Laboratorium von Schuckert & Co. entwickelt und als erste in Deutschland hergestellt wurden. Den Elektrizitätszählern sollte seine ganze Lebensarbeit gehören. Die lange Reihe ihrer immer weiter vervollkommneten Formen — von damals bis in die neuere Zeit — hat er teils selbst entwickelt, teils ihre Entwicklung geleitet oder beeinflußt. Die Erfolge seiner Firma auf dem Zählergebiet sind zu einem guten Teil seiner unermüdlichen Mitarbeit zu verdanken. In Würdigung seiner Leistungen und seiner vorbildlichen Pflichttreue wurde er zum Oberingenieur, Bevollmächtigten und zum stellvertretenden Leiter des Zählerbaues befördert. Reiche Erfahrungen, reiches Wissen, umfassende Kenntnis des Schrifttums auf dem ganzen Zählergebiet standen ihm bei seiner Arbeit zur Seite; es gab kaum eine Stelle in Büchern, Zeitschriften oder Patentschriften, die ihm nicht bekannt und erinnerlich gewesen wäre. Als Schriftsteller hat sich Wilhelm Stumpner bekannt gemacht durch seine langjährige Mitarbeit an Streckers „Jahrbuch der Elektrotechnik" sowie durch seine Veröffentlichung: „Zur Geschichte des Elektrizitätszählers" (ETZ 1926, S. 601, 646), die auch als Heft 5 der „Geschichtlichen Darstellungen aus der Elektrotechnik" vom Elektrotechnischen Verein in Berlin herausgegeben wurde.

Der Verstorbene war eine bescheidene, still in sich gekehrte Natur; er machte nicht viel Worte, aber jeder, der ihn kannte, wußte, daß man sich auf das, was er sagte, verlassen konnte. Sein lauterer, vornehmer Charakter, sein freundliches, aufrichtig-wohlwollendes Wesen erwarben ihm das Vertrauen und die Hochachtung aller, die mit ihm in Berührung kamen und sichern ihm dauernd ein ehrendes, freundliches Andenken.

BRIEFE AN DIE SCHRIFTLEITUNG.

Drehzahlregler.

In der ETZ 1931, S. 1031 hat Herr DORNIG sich zum Bau elektrischer Fliehkraftregler eingehend geäußert. Ich möchte mir gestatten, dazu einiges hinzuzufügen, weil es wohl nicht allgemein bekannt ist, daß ich mich seit der Konstruktion des Fliehkraftreglers durch Herrn GIEBE mit den Reglern ebenfalls eingehend befaßt habe. Herr GIEBE hat seinerzeit den Regler konstruiert, um eine genau gleichbleibende Drehzahl zum Zwecke der Kapazitätsmessung nach der Methode von Maxwell zu erreichen. Die Einrichtung dazu ist bei mir entworfen und hergestellt worden. Der Regler ist in der Werkstatt der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt ausgeführt und in die Einrichtung eingebaut worden.

In Abb. 1 ist diese Einrichtung dargestellt. Der röhrenförmige Regler befindet sich an der rechten Seite zwischen der Schwungscheibe und dem Umschalterad. Bei dem GIEBE schen Regler läuft das Regelgewicht auf einer Stahlsaite als Führung. Ich habe seinerzeit Herrn GIEBE darauf aufmerksam gemacht, daß es wohl zweckmäßig sein würde, das Regelgewicht vollständig reibungsfrei zu lagern. Da aber die mit der Einrichtung erreichten Ergebnisse ausgezeichnete waren, glaubte Herr GIEBE, keine Veranlassung zu haben, auf meine Anregung einzugehen.

Der Bau der Meßeinrichtung für die Reichsanstalt fällt in das Jahr 1910. Im nächsten Jahre habe ich die Einrichtung verändert und nach der Abb. 2 ausgeführt. Bei dieser neuen Einrichtung liegt der Drehzahlregler innerhalb der Schwungscheibe. Die Umschaltscheibe liegt links auf dem Bilde. Vom Regler ist in der Abbildung eine der Zugfedern zu sehen. Der von mir neu entworfene Regler (Abb. 3) ist vollkommen reibungsfrei. Die bewegliche Reglermasse, die durch die Zentrifugalkraft beschleunigt wird, befindet sich am Ende eines Hebelarmes, der an der Schwungscheibe in Schneiden gelagert ist. Der der Zentrifugalkraft entgegenwirkende, nach der Achse gerichtete Radialzug wird ähnlich wie beim GIEBE-Regler durch zwei Schraubenfedern erzeugt, deren Angriffspunkt am Hebelarm ebenfalls mit Schneidenlagerung versehen ist.

Der abgeänderte Regler kann in bezug auf die Stabilität, Indifferenz oder Labilität seiner Gleichgewichtslage im Betrieb genau wie der GIEBEsche Originalregler eingestellt werden. Zu diesem Zwecke können die Schraubenfedern nach Belieben verlängert oder verkürzt und ihre Zugkräfte verändert werden. Die Bedingung der Indifferenz der Gleichgewichtslage, d. h. der Proportionalität zwischen Federzugkraft und zentrifugaler Beschleunigung wird bekanntlich dann erreicht, wenn der Schwerpunkt der beweglichen Reglermasse bei stillstehendem Motor, also im Ruhezustande, in der Drehachse liegt und in diesem Zustande die Zugfeder entspannt ist. Näheres hierüber kann in der Arbeit von Herrn GIEBE nachgelesen werden.

Abb. 1. Einrichtung zur Kapazitätsmessung, Ausführung für die Reichsanstalt.

Es sei mir noch gestattet, auf die Gleichung einzugehen, die Herr DORNIG auf S. 1033 als Bestimmungsgleichung für die Eigenfrequenz des Reglers angibt. Die linke Seite gibt das Verhältnis der Eigenfrequenz der beweglichen Reglermasse zur Drehzahl an. Sie wird bestimmt durch

die rechte Seite, die den Abstand r des äußeren Kontaktes zur Mittelpunktachse und den Abstand d der Kontakte voneinander im Ruhezustande enthält. Diese Seite ist nicht ganz korrekt. Wenn die Werte der rechten Seite beispielsweise für einen Regler, der im indifferenten Gleichgewicht, oder gar für einen Regler, der im labilen Gleichgewicht arbeitet, eingesetzt werden würden, so würde das Verhältnis der Frequenzen auf der linken Seite unrichtig ausfallen. Eine Überlegung zeigt einfach, daß die Lage der Kontakte

Abb. 2. Einrichtung zur Kapazitätsmessung, spätere Bauart.

gleichgültig ist: Man braucht nur daran zu denken, daß man beispielsweise den beweglichen Kontakt mit der Reglermasse durch ein Gestänge verbindet, das masselos ist. Richtige Werte ergeben sich bei dieser Gleichung nur, wenn die Kontaktebene der beweglichen Masse durch die Schwerpunktslinie dieser Masse geht. Das wird in Wirklichkeit wohl kaum jemals der Fall sein. Bei der praktischen Ausführung wird stets ein gewisser Abstand der Kontaktebene vom Schwerpunkt vorhanden sein.

Abb. 3. Regler für Bauart 2.

Die Gleichung wird aber sofort richtig, wenn man mit r den Abstand des Schwerpunktes der beweglichen Reglermasse, bezogen auf seine eigene Drehachse von der Motorachse im Betriebszustande einsetzt und mit d den Abstand des Schwerpunktes im Ruhezustande des Motors. In diesem Falle ist die Gleichung für jede beliebige Reglerkonstruktion streng gültig. Sie ergibt dann folgendes: Wird die GIEBEsche Bedingung für größtmögliche Genauigkeit der Regelung eingehalten, dann ist $r = d$, der Wert der Wurzel gleich 1 und die Eigenfrequenz des Reglers gleich der Drehzahl.

Arbeitet der Regler im stabilen Gleichgewicht, so ist seine Eigenfrequenz größer als die Drehzahl, arbeitet der Regler dagegen im labilen Gleichgewicht, so ist die Eigenfrequenz des beweglichen Reglerteiles geringer als die Drehzahl.

Die Meßmaschinen, deren eingangs Erwähnung getan ist, sind stets an einer konstanten Batteriespannung betrieben worden. Lastschwankungen waren kaum vorhanden. Der Motor war gut ventiliert und hatte kaum Arbeit zu leisten. Infolgedessen war auch seine Erwärmung gering und die Drehzahlzunahme bei längerem Betrieb nicht bedeutend. Der Regler hatte also nur eine kleine Drehzahlschwankung auszugleichen, wozu ein Vorschaltwiderstand genügte, der im Verhältnis zum Widerstand der Feldwicklung klein war. Daher arbeiteten diese Regler sehr gut. Werden aber an den Regler besondere Ansprüche gestellt, soll z. B. der Regler nicht allein die Drehzahlerhöhung durch Erwärmung ausgleichen, sondern auch noch große Lastschwankungen und starke Schwankungen in der Betriebspannung, dann genügt dieser Regler nicht mehr, weil der Widerstand, den der Regler kurz zu schließen und zu öffnen hat, so groß wird, daß unvermeidliche Pendelungen eintreten. In diesem Falle muß dafür Sorge getragen werden, daß das Ein- und Ausschalten des Vorschaltwiderstandes langsam kontinuierlich oder aber wenigstens in kleinen Absätzen erfolgt. Alle neueren Arbeiten über die Regler mußten daher in der Richtung laufen, diese eben genannten Schwierigkeiten aus der Welt zu schaffen.

Berlin, 13. VIII. 1931. H. Boas.

Erwiderung.

Herr BOAS hat selbstverständlich recht, daß ganz allgemein gültig die Lage des Schwerpunktes in die Formel einzusetzen ist. Bei den besprochenen alten und neuen Reglern mit eingespannten Flachfedern liegen aber Reglerkontakte und Schwerpunkt praktisch doch in einer Ebene (auf gleichem Durchmesser), so daß die angegebene Formel für den vorliegenden Fall berechtigt ist.

Berlin, 28. VIII. 1931. W. Dornig.

LITERATUR.

Besprechungen.

Arbeiten aus dem Institut für elektrische Meßkunde und Hochspannungstechnik der Technischen Hochschule Braunschweig. Von Prof. Dr.-Ing. E. Marx. Bd. 1. Mit zahlr. Abb. u. 134 S. in 4°. Selbstverlag d. Inst. f. elektr. Meßkunde u. Hochspannungstechnik 1931. Preis kart. 8 RM.

Bei der Fülle der Zeitschriften, die heute dem Ingenieur die Fortschritte auf seinem Arbeitsgebiet vermitteln, und deren vollständige Lektüre sich oftmals kaum ermöglichen lassen wird, ist eine Zusammenfassung wichtiger Arbeiten sehr erwünscht. Mit einer solchen haben wir es im vorliegenden Falle zu tun. Der durch seine bahnbrechenden Arbeiten auf dem Gebiete der raschveränderlichen Vorgänge wohlbekannte Herausgeber gibt die erste Zusammenstellung der von ihm und seinen Schülern durchgeführten neueren Forschungsarbeiten heraus. Es ist an dieser Stelle nicht möglich, sie im einzelnen zu besprechen. Wir müssen uns darauf beschränken, auf die drei Gebiete hinzuweisen, die behandelt werden. Im Vordergrunde stehen die Untersuchungen über den elektrischen Durchschlag bei verschiedenen Spannungsarten, die eine wesentliche Erweiterung unserer Erkenntnisse gebracht haben. Ferner wird über Arbeiten berichtet, die sich mit der Frage der Wanderwellen experimentell und theoretisch beschäftigen. Als besonders wichtig muß man, vom Standpunkte der elektrischen Energieübertragung, die Arbeit über die Gleichrichtung sehr hoher Wechselspannungen betrachten. Das Problem der Energieübertragung mit hochgespanntem Gleichstrom ist sicher für die Zukunft von allergrößter Bedeutung, da jetzt schon die Drehstromnetze Ausdehnungen angenommen haben, bei denen Schwierigkeiten auftreten. Sie sind in der Verwendung des Wechselstromes an sich begründet und werden bei Gleichspannung sicher vermieden, weil das Wechselspiel zwischen elektrischem und magnetischem Feld nicht vorhanden ist. Für noch größere Entfernungen, wie sie bisher von Leitungen überspannt worden sind, wird man sicher zum Gleichstrom zurückkehren müssen, und daher bedeuten die Arbeiten von Erwin Marx Pionierarbeit, deren Fortentwicklung man mit größtem Interesse verfolgen muß. Harald Müller.

Die deutschen Gewindetoleranzen. Von Prof. Dr. G. Berndt m. einem Geleitwort von Dr.-Ing. E. h. W. Hellmich. Mit 61 Abb. i. Text u. 70 Zahlentaf., VIII u. 179 S. in gr. 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1929. Preis geh. 16,50 RM, geb. 18,50 RM.

Das Werk gibt einen kurzen Abriß der Entwicklungsgeschichte der deutschen Gewindetoleranzen sowie einen Vergleich der wichtigsten ausländischen Gewindetoleranzen, des englischen und amerikanischen Normenausschusses. Gleichzeitig wird über das Ergebnis einer Rundfrage bei 45 Firmen und Verbänden der Gewindehersteller und -verbraucher berichtet. Der Hauptteil des Buches befaßt sich mit den deutschen Gewindetoleranzen, die unter der besonderen Mitarbeit des Verfassers aufgestellt wurden. Bemerkenswert ist das ausführliche Literaturverzeichnis. Drescher.

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Das nordamerikanische Customer Ownership-System im Jahr 1930[1]. — Nach dem neuesten Bericht des Customer Ownership Committee der NELA von 1931 haben diesmal 236 Gesellschaften; d. s. etwa drei Viertel der Elektrizitätslieferungsunternehmen, mit 17,014 Mill Abnehmern und 212 443 Beschäftigten über das System nach dem Stand von Ende 1930 berichtet. 82 von ihnen mit 6,843 Mill Abnehmern und 87 210 Beschäftigten, deren Betriebseinnahmen 1930 605,429 Mill $ betrugen und die im ganzen über 786 844 Aktionäre mit 40,541 Mill shares verfügten, konnten im Berichtsjahr 1 671 616 shares oder 42 % mehr als 1929 (1 177 139 shares) an 115 013 Aktionäre (71 706 i. V.) absetzen. Seit 1914, in welchem Jahr das System in die Industrie eingeführt wurde, betrug bis 1930 der Gesamtabsatz von Aktien 21,920 Millionen und die Zahl der Käufer 2,086 Mill Aktionäre. Nach den Berichten von 127 Gesellschaften, die das System fortlaufend durchgeführt haben, Ende 1930 7,203 Mill Abnehmer sowie 91 698 Beschäftigte und im Berichtsjahr 610,782 Mill $ Betriebseinnahmen zählten, befanden sich am Jahresschluß vier Fünftel ihres gesamten Aktienkapitals in den Händen von 628 512 Personen, von denen 28 237 Beschäftigte, 443 510 Abnehmer waren und 156 765 außerhalb des Versorgungsgebiets beliefert wurden. Im Durchschnitt befanden sich somit 51 shares im Besitz eines Beschäftigten, 31 in dem eines Abnehmers und 87 in Händen einer Person außerhalb des Arbeitsbereichs. Aus dem Ergebnis von 1930 folgt, wie das Komitee bemerkt, eine steigende Tendenz in der Anwendung des customer ownership-Systems, die aber bei den Gesellschaften merklich stärker als in der Gesamtindustrie zum Ausdruck kommt, die sich dauernder mit der Pflege des Systems befassen. Seinen Höchststand hat dieses bisher, was den Verkauf von Aktien betrifft, 1927 mit 3,581 Millionen und hinsichtlich der Aktionärzahl 1924 mit 294 467 erreicht. Das Komitee ist der Ansicht, daß etwa 25 % des für Neuinvestierungen in der Licht- und Kraftindustrie während der nächsten zehn Jahre benötigten Kapitals aus dem Absatz von Vorzugsaktien beschafft würden und ein bedeutender Teil davon wieder durch customer ownership. Angesichts der außerordentlichen auf dem Gebiet der Elektrizitätsversorgung sich bietenden Perspektive sei mit einem Geldbedarf von, vorsichtig geschätzt, 7,5 Mrd $ zu rechnen, wovon der Absatz von Vorzugsaktien nicht weniger als 2 Mrd $ bringen dürfte.

Japans Elektrohandel[2]. — Die Elektro e i n f u h r Japans hat nach den Angaben der El. Review[3] 1930 infolge der Krise einen empfindlichen Rückschlag erfahren, nachdem sie in den Jahren 1927 bis 1929 trotz der Fortschritte der einheimischen Produktion nahezu stabil geblieben war. Wie die Zahlentafel zeigt, ergab sich eine sehr starke Einbuße bei Dynamos und Elektromotoren, wo die Schrumpfung gegenüber 1929 fast 50 % betrug. Sie war ferner sehr erheblich bei Fernsprech- und Funkgeräten sowie Meßinstrumenten und erreichte bei Unterseekabeln sogar 85 %.

Erzeugnisse	1930	1929	Änderung g. V.
	Einfuhr in 1000 Yen		
Dynamos, Elektromotoren	3540	6830	—3290
Transformatoren	350	650	— 300
Dynamos in Verbindung mit Betriebsmaschinen	1200	1325	— 125
Batterien	260	422	— 162
Wattmesser	368	908	— 540
Strom- und Spannungsmesser	216	329	— 113
Telegraphenapparate	530	930	— 400
Fernsprech- und Radiogerät	1303	2890	—1587
Unterseekabel	260	1686	—1426
Anderes isoliertes Leitungsmaterial	168	257	— 89
Erzeugnisse	Ausfuhr in 1000 Yen		
Elektrische Maschinen und Teile solcher	3000	2450	+ 550
Elektrische Lampen	5320	5400	— 80
Fernsprechinstrumente und Teile solcher	600	920	— 320
Isolierte Drähte	3630	3530	+ 100

Der scharfe Rückgang des Imports elektrischer Maschinen ist deswegen besonders bemerkenswert, weil gerade diese Gruppe 1929 eine Steigerung zu verzeichnen hatte.

Im Gegensatz zur Einfuhr ist die japanische Elektro a u s f u h r entsprechend der Tendenz der vergangenen Jahre auch 1930 z. T. weiter gewachsen; allerdings hat sich der Lampenexport, in den letzten Jahren 40 bis 45 % der japanischen Elektroausfuhr, diesmal etwas verringert, in noch stärkerem Umfang auch die Ausfuhr von Fernsprechgeräten. Dagegen betrug die Zunahme des Exports elektrischer Maschinen über 20 %. *Fr.*

[1] Vgl. ETZ 1930, S. 1668.
[2] Vgl. ETZ 1929, S. 956; 1930, S. 1732.
[3] Bd. 109 (1931), S. 117.

Englands elektrotechnischer Außenhandel[1]. — Für den O k t o b e r 1931 ergibt sich eine Zunahme der E i n f u h r gegenüber dem Vormonat (705 608 £) um 331 253 £ (47 %) und im Vergleich zum Parallelmonat von 1930 um 142 984 £ (16 %). Der Import von Maschinen ist bzw. um 110 341 und 68 355 £, der von Schwachstromapparaten um 143 142 und 113 792 £ und die Einfuhr nicht näher bezeichneter Waren um 50 443 bzw. 39 275 £ gewachsen. Die A u s f u h r war um 208 554 £ (24 %) größer als im September (868 822 £), zeigt aber gegenüber dem Oktober 1930 eine Abnahme um 471 902 £ (30 %). Letztere betrug bei Maschinen 107 522, bei Schwachstromvorrichtungen 99 007 und bei nicht im einzelnen genannten Erzeugnissen 72 050 £. Am 25. XI. hat England bekanntlich auf Grund eines Notzollgesetzes oder, wie es drüben heißt, einer anti-dumping Order auf eine beträchtliche Anzahl von Waren, zu denen auch elektrische Staubsauger nebst Teilen davon und Rundfunkapparate ebenfalls mit ihren Teilen, aber ohne Röhren, gehören, einen Wertzoll von 50 % gelegt. Durch eine zweite, am 4. XII. in Kraft gesetzte Verordnung sind diesem Zoll auch Kohlenelektroden für Batterien unterworfen worden.

Erzeugnisse	Einfuhr in £ 1931	Einfuhr in £ 1930	Ausfuhr in £ 1931	Ausfuhr in £ 1930
	Oktober			
Maschinen	227 588	159 233	460 219	567 741
Waren u. Apparate	809 273	734 644	617 157	981 537
	1 036 861	893 877	1 077 376	1 549 278
	Januar-Oktober			
Maschinen	1 302 815	1 518 062	3 701 231	5 312 750
Waren u. Apparate	4 687 349	5 770 048	6 416 921	10 243 342
	5 990 164	7 288 110	10 118 152	15 556 092

Vereinbarungen in der Metallwirtschaft. — Nach längeren Verhandlungen ist Ende Oktober in London die C o n s o l i d a t e d P l a t i n u m s L t d. als Organ einer Interessengemeinschaft zwischen den wichtigsten **Platin** produzierenden Unternehmungen der Welt gegründet worden, um die Gewinnung und den Absatz des Metalls zu kontrollieren bzw. zu fördern und eine allmähliche Steigerung des Preises in die Wege zu leiten. Unter den Aktionären werden für Sowjetrußland die Edelmetall-Vertriebs-AG., für Kanada die Mond Nickel Co., für Südafrika die Johannesburg Consolidated Investment Co. und die New Consolidated Gold Fields Ltd. sowie für Kolumbien die Compania Minera Choco Pacifico genannt Was die Gewinnung betrifft, so waren daran nach Angaben der VDI-Nachr. 1929 u. a. Rußland mit 3100, Kolumbien mit 1418, Südafrika mit 927, Kanada mit 399 kg beteiligt. — Vor kurzem hat man in Basel die **A l l i a n c e A l u m i n i u m C o.** mit 35 Mill schw. Fr AK. errichtet, das im Bedarfsfall auf 65 Mill schw. Fr erhöht werden soll. Wie die Frankf. Zg. berichtet, hat sie den Zweck, an die Stelle des Ende 1931 aufzulösenden alten europäischen Aluminiumkartells zu treten und außer der Förderung des Aluminiumabsatzes auch eine gewisse Verständigung hinsichtlich der Produktion sowie evtl. die Finanzierung eines Teils der Bestände herbeizuführen. Beteiligt sind daran die französischen, englischen, deutschen, schweizerischen, kanadischen Produzenten und norwegische Werke. Die Weltgewinnung von Aluminium[2] betrug 1930 rd. 0,267 Mill t, wovon u. a. 163 900 t auf die V. S. Amerika, 34 900 t auf Kanada, 30 200 t auf Deutschland, 26 000 t auf Frankreich, 24 700 t auf Norwegen und 20 500 t auf die Schweiz entfielen.

[1] El. Review Bd. 109 (1931), S. 781. Vgl. ETZ 1930, S. 1732; 1931, S. 1428.
[2] Vgl. ETZ 1931, S. 1428.

Berichtigung.

Im Rundschaubericht „E l e k t r i s c h e r B e t r i e b d e r M o s k a u e r N o r d b a h n", ETZ 1931, S. 1391, ist in der rechten Spalte, 21. Zeile von oben, durch ein Versehen der Setzerei ein Druckfehler entstanden; es ist anstatt „15 000 m" „1500 m" zu lesen.

Abschluß des Heftes: 12. Dezember 1981.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 16 250 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Z e h m e in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

ETZ

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

INHALT

52. HEFT · 52. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W9
(1561—1588) 24. DEZEMBER 1931

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

52. Jahrgang | Berlin, 24. Dezember 1931 | Heft 52

Die Not der technisch-wissenschaftlichen Zeitschriften.

Wir bringen hier einen Aufruf zum Abdruck, den der Deutsche Verband Technisch-Wissenschaftlicher Vereine, zu denen auch der VDE zählt, erlassen hat. Die darin niedergelegten Richtlinien entsprechen ganz denjenigen, die wir bisher in unseren Verhandlungen mit den Mitarbeitern der ETZ haben walten lassen. Die Schriftleitung.

Die immer drückender werdende Wirtschaftsnot hat auch nicht vor den technisch-wissenschaftlichen Fachvereinen und vor den von ihnen herausgegebenen Zeitschriften Halt gemacht. Für die Herausgabe der Zeitschriften sind nur noch so geringe Mittel verfügbar, daß der Textteil schon jetzt in empfindlichem Maß eingeschränkt werden mußte. Diese Einschränkung läßt befürchten, daß wertvolle Arbeiten nicht mehr oder nur sehr verspätet veröffentlicht werden können. Dabei wachsen ständig die von Technik und Forschung gestellten Ansprüche, und man kann mit Sicherheit annehmen, daß die Zahl der literarischen Arbeiten weiter zunehmen wird. Diese Schwierigkeiten bedrücken die Schriftleitungen wie die Verfasser in gleicher Weise. Beide müssen daher vertrauensvoller und enger als je zusammenarbeiten, um die bestehende Notlage zu mildern.

In diesem Sinne wenden sich die technisch-wissenschaftlichen Vereine und die von ihnen herausgegebenen Zeitschriften an ihre Mitarbeiter. Um den verfügbaren Raum möglichst gut auszunutzen und vielen Mitarbeitern dienstbar zu machen, richten sie an die Verfasser die dringende Bitte, sich in ihren Handschriften auf das unbedingt Notwendige und das Wertvollste zu beschränken. Die früher wohl berechtigte Vollständigkeit und Ausführlichkeit muß heute der kürzesten Fassung der Gedanken und Ergebnisse weichen, was den Wert der Aufsätze nicht zu beeinträchtigen braucht.

Der Mangel an Raum zwingt ferner die Schriftleitungen, den Platz in ihren Zeitschriften insbesondere den Beiträgen aus ihrem Arbeitsgebiet vorzubehalten. Bei Zweifeln über die Eignung eines Aufsatzes für eine Zeitschrift empfiehlt sich eine Anfrage bei der Schriftleitung. Doppelveröffentlichungen über denselben Gegenstand sind (heute mehr denn je) zu vermeiden.

Die im Deutschen Verband Technisch-Wissenschaftlicher Vereine zusammengeschlossenen Körperschaften und die Schriftleitungen der von ihnen herausgegebenen Organe bitten somit ihre Mitarbeiter dringend, diesen Gesichtspunkten Rechnung zu tragen; denn nur durch diese Notmaßnahmen wird es gelingen, die für die Technik unentbehrlichen Fachzeitschriften über die heutige Wirtschaftskrise hinaus lebensfähig zu erhalten.

Deutscher Verband Technisch-Wissenschaftlicher Vereine.

Die Entwicklung der Meßeinrichtungen für Hochspannung*.

Von Prof. Dr.-Ing. **Georg Keinath**, Berlin.

Übersicht. Der Aufsatz berichtet über die in den letzten Jahren gemachten Fortschritte auf dem Gebiete der Meßwandler für Hochspannungsanlagen. Die Anforderungen hinsichtlich der Betriebsicherheit haben die Konstruktion entscheidend beeinflußt, es ist eine Reihe neuartiger Modelle von Strom- und Spannungswandlern entstanden, die kurz beschrieben werden. Außerdem ist aber auch die Genauigkeit erheblich gesteigert worden, so daß heute die über Strom- und Spannungswandler gemachten Messungen den direkt ausgeführten an Genauigkeit nicht mehr nachstehen.

Einleitung.

Die Meßwandler sind ein relativ neues Element in unseren Hochspannungsanlagen, die ersten Ausführungen gehen auf das Jahr 1900 zurück. Damals waren die Konstruktionen außerordentlich mannigfaltig und originell. Um das Jahr 1910 entwickelten sich dann sozusagen Normalmodelle für Meßwandler, nach denen der größte Teil der Produktion gebaut wurde. Erst in den letzten 5 ... 10 Jahren haben dann durch die hohen Anforderungen des Betriebes hinsichtlich Spannungsfestigkeit und Kurzschlußfestigkeit die Konstrukteure neue Wege eingeschlagen und, zum Teil in Anlehnung an die ältesten Modelle, neue eigenartige Konstruktionen geschaffen, über die ich Ihnen heute berichten will. Meine Ausführungen gehen im wesentlichen in Richtung der betriebstechnischen Anforderungen, vor allem der Sicherheit, erst in zweiter Linie ist die Genauigkeit berücksichtigt.

* Vortrag, gehalten im Elektrotechnischen Verein am 31. III. 1931. Die Besprechung des Vortrags folgt im nächsten Heft.

Allgemeine Anforderungen an Meßwandler.

Zunächst wird von jeder Meßeinrichtung in einer Starkstromanlage gefordert, daß sie unbedingt spannungsfest ist, daß sie dauernd der Betriebspannung und zufälligen, betriebsmäßigen Überspannungen — mit Ausnahme direkter Blitzschläge — gewachsen ist. Alle vom Betriebsstrom durchflossenen Apparate müssen ferner auch unbedingt den in Störungsfällen auftretenden Überströmen gewachsen sein. Da die Größe dieser Beanspruchungen je nach der Einbaustelle und dem Betrieb sehr verschieden sein kann, hat man anstatt der willkürlichen, auch heute noch manchmal geäußerten Forderung, daß der Meßwandler alles aushalten müsse, was vorkommt, abgestufte Festlegungen für die dynamische und thermische Sicherheit getroffen. An letzter Stelle sind die Anforderungen bezüglich der Genauigkeit zu nennen. Sie sind sehr verschieden. Für manche Zwecke genügt ± 10 %, für andere soll sie bis zu 0,1 % und dem entsprechenden Fehlwinkel, das sind einige Minuten, gesteigert werden. Verhältnismäßig neu sind die Anforderungen an Stromwandler hinsichtlich ihrer Genauigkeit bei Überströmen bis zum 10- oder 20fachen Nennstrom. Der VDE hatte schon 1921 Regeln für Meßwandler geschaffen, die aber in der Zwischenzeit als veraltet anzusehen sind. Die neuen Regeln[1] sind inzwischen festgelegt worden und treten am 1. I. 1932 in Kraft. Auch die anderen Länder haben für ihre Meßwandler Bestimmungen festgelegt, jedes Land andere. Es war dringend notwendig, daß durch die IEC im vergangenen Jahr bei der Volltagung in Stockholm be-

[1] S. ETZ 1931, S. 657.

merkenswerte Grundlagen für internationale Festlegungen getroffen wurden[2].

I. Stromwandler.

Es sei vorausgeschickt, daß man von der unmittelbaren Strommessung ohne Wandler wegen der absolut ungenügenden Kurzschlußfestigkeit der Wicklungen, die man nicht dick genug ausbilden kann, vollkommen abgegangen ist. Auch die unmittelbare Speisung von Relais wird heute viel weniger angewandt als früher, weil man in dem Stromwandler ein Organ hat, das nicht nur die Sicherheit erhöht, sondern auch gewissermaßen den auf das Relais treffenden Überstrom zu dosieren gestattet.

1. Genauigkeit.

In der älteren Fassung der VDE-Regeln für Meßwandler hatte man drei Genauigkeitsklassen, nämlich:

die E-Klasse (rd. 0,5 %), entsprechend den PTR-Bestimmungen,
„ F-Klasse (rd. 1 %), für Betriebszähler und Schalttafelinstrumente,
„ H-Klasse (rd. 5 %), für Relaisanschluß.

Die damals noch festgelegten Klassen G und J sind hier nicht gezählt, weil sie in der Praxis so gut wie gar nicht aufgenommen worden sind. Diese Klasseneinteilung hat in verschiedener Richtung nicht befriedigt. Einmal ist mit der Entwicklung das Bedürfnis nach einem genaueren Wandler aufgetaucht, als es der E-Wandler ist, u. zw. in erster Linie zur Speisung von Präzisionswattmetern und Amperemetern. Außerdem soll und muß man die Hochspannung auch von den Laboratoriums-Meßgeräten fernhalten; dann aber ist es vom Standpunkt der Genauigkeit absolut undiskutierbar, mit Strömen von über 100 A in die Nähe dieser stark beeinflußbaren eisenlosen Elektrodynamometer zu kommen. Wenn man aber die Instrumente schließlich auf Genauigkeiten von 0,1 ... 0,2 % bringen konnte, so durfte man sie nicht über E-Wandler mit 0,5 % Stromfehler und vor allem mit 40′ zulässigem Fehlwinkel anschließen. Gerade der letztere schließt insbesondere bei Messungen an Transformatoren jede Genauigkeit aus, denn schon bei einem Netzleistungsfaktor cos φ = 0,7 verursacht er 1,3 % Fehler, bei cos φ = 0,3 sogar 3,7 %. In Ermangelung genauer Wandler hat man bisher immer empfohlen, diese Fehler an Hand von Tabellen zu korrigieren. Das erfordert aber große Übung und Sicherheit, es ist damit zu rechnen, daß die Korrektur sehr oft verkehrt angebracht wird, so daß der doppelte Fehler entsteht. Viel einfacher und sicherer ist es, Stromwandler mit so kleinem Fehler zu verwenden, daß jede Korrektur überflüssig wird. Aus diesem Grunde wurde neuerdings neben der E-Klasse noch eine Präzisionsklasse geschaffen, die vor allem besonders kleinen Fehlwinkel hat. Die Fehlergrenzen sind 0,2 % und 10′; das ist aber noch lange nicht die Grenze der für Meßwandler erreichbaren Genauigkeit. Wir sind so weit, daß wir bei Stromstärken von 1000 A und mehr den besten Wechselstrom-Präzisionswiderständen erfolgreich Konkurrenz machen können, nachdem es gelungen ist, Normalwandler mit 0,01 ... 0,02 % Fehler und nur 1 ... 2′ Fehlwinkel zu bauen. Siemens & Halske stellen einen derartigen Wandler mit 28 Meßbereichen her (von 5 A bis 2500 A), der diese enge Fehlergrenze nicht nur bis herab zu 10 %, sondern sogar bis zu 2 % des Nennstromes einhält. Bei Stromstärken über 3000 A ist der Stromwandler unbedingt genauer als der Normalwiderstand.

Nach der anderen Seite der Genauigkeitsstufen war der Sprung von 1 % auf 5 % zu groß. Man hat deshalb als nächste 3 % gewählt, anschließend 10 %, also in geometrischer Stufung.

Für die Bezeichnung der Klassen erschien es untunlich, außer E und F noch drei neue Buchstaben einzuführen, obwohl dafür sehr viel gesprochen wurde. Schließlich einigte man sich dahin, die Klassen mit Ziffern zu bezeichnen, so daß die Ziffer bereits ein Bild von der Genauigkeit gibt. Dieser Vorschlag wurde auch von der IEC-Kommission angenommen.

Wir haben demnach künftig folgende Klassen von Stromwandlern:

Präzisionswandler . . .	Klasse 0,2
Zählerwandler	„ 0,5
Gewöhnliche Wandler . .	„ 1
Grobwandler	„ 3
Grobwandler	„ 10.

Die Klassen 3 und 10 sind vorwiegend Stabwandler für kleine Nennstromstärken, aber auch Wickelwandler sehr hoher thermischer Festigkeit und hoher Überstromziffer zum Speisen von Überstrom- und Widerstandsrelais. Für die letzteren ist das Verhalten der Wandler bei Überstrom sehr wichtig.

2. Sekundärleistung.

In Deutschland ist es bisher, den Vorschriften der PTR für beglaubigungsfähige Wandler entsprechend, üblich geworden, als Mindestleistung des Stromwandlers 15 VA anzusetzen. Diese Ziffer ist für die Mehrzahl der Transformatoren durchaus angemessen. Zur Speisung von Relais, insbesondere Widerstandsrelais, benötigt man Wandler mit wesentlich höherer Leistung, bis zu 200 VA, die einen wesentlich höheren Preis bedingt.

voll ausgezogen: cos β = 1, gestrichelt: cos β = 0,5
Charakteristisch ist die geringere Krümmung der Fehlerkurven beim Schleifenwandler

Abb. 1. Fehlerkurven eines gewöhnlichen Topfstromwandlers Reihe 10 und eines Schleifenstromwandlers Reihe 100. Belastung mit 1,2 Ω – 30 VA.

Will man der Sicherheit wegen auch bei Stromstärken von 50 ... 300 A Stabwandler verwenden, so macht es große Schwierigkeiten, dafür 15 VA zu erreichen. Man muß sich in diesen Fällen auch für Zähleranschluß mit 5 VA begnügen[3]. In England und Amerika geht man bei dem Bestreben, weitgehend Stabwandler einzubauen, sogar bis auf 2,5 VA herab, zur weiteren Erleichterung stimmt man sogar den Wandler für die anzuschließende Bürde genau ab. Der letztere Weg ist besonders dann zu empfehlen, wenn die Fehlerkurven des Wandlers nahezu horizontal zur Abszissenachse verlaufen, wie es bei einigen Sonderkonstruktionen der Fall ist.

Bisher ist vom VDE gefordert worden, daß die Fehlergrenzen eingehalten werden nicht nur bei der Nennleistung, sondern auch bei beliebig kleinerer Bürde, bis herab zur Bürde Null, zum vollkommenen Kurzschluß. Das ist aber eine unnötige Härte, die zu einer geringeren Ausnutzung des Wandlermodells und damit zu einer gewissen Verteuerung führt. Es ist für die Praxis vollkommen ausreichend, die Innehaltung der Genauigkeit zu fordern

für Klasse 0.2 von Null bis Nennbürde,
für Klasse 0,5 und 1,0 von 1/4 bis 4/4 Nennbürde,
für Klasse 3 und 10 von 1/2 bis 2/2 Nennbürde.

In der Praxis gibt es nie einen vollkommen kurzgeschlossenen Wandler, außerdem wird niemand zuerst einen Wandler für 100 VA teuer kaufen und ihn dann mit nur 10 VA belasten. Übrigens bedeutet der vollkommene Kurzschluß nur eine Steigerung des Plus-Fehlers in ganz mäßigen Grenzen. Abb. 1 zeigt für zwei Stromwandler, einen ölisolierten billigen Topfstromwandler der Reihe 10, ferner einen Schleifenstromwandler der Reihe 100 bei

[2] ETZ 1930, S. 1349.

[3] Vgl. ETZ 1930, S. 1738.

10—20—100 % des Nennstromes den Verlauf des Stromfehlers. Man sieht daraus auch, daß eine geringfügige Überschreitung der Nennbürde praktisch bedeutungslos ist.

Ein Wandler der Klasse 0,5 für beispielsweise 30 VA Leistung hat zwischen dem Kurzschlußpunkt bei vollem Strom bei der ungünstigsten (induktiven) Belastung bei $^1/_5$ des Nennstromes ein maximal mögliches Stromgefälle von 1 % (siehe Abb. 1). 7,5 VA entsprechen 0,25 %. Um diesen Betrag könnte im äußersten Falle die Stromfehlergrenze bei Kurzschluß überschritten werden. Praktisch wird dies aber nie eintreten, weil kein Hersteller seine Wandlermodelle derart knapp bemessen kann. Im Höchstfalle wird man mit 0,1 % Überschreitung rechnen können. Dafür ist aber der Fehlwinkel, auf den es doch beim vollkommenen Kurzschluß viel mehr ankommt als auf einige zehntel Prozent, fast immer kleiner.

3. Genauigkeit, Leistung[4], Überstromsicherheit[5].

Der Stabwandler hat die höchste thermische und dynamische Überstromsicherheit, leider ist er aber nicht allgemein anwendbar. Der größte Teil der in elektrischen Anlagen eingebauten Stromwandler sind Wickelwandler. Geht man von dem Gesichtspunkt aus, daß Betriebsicherheit die wichtigste Eigenschaft eines Stromwandlers ist, so muß man zunächst alles, was möglich ist, an Genauigkeit und Leistung preisgeben, um Stabwandler einbauen zu können. Das gleiche muß man aber auch bei Wickelwandlern tun, um höchste Sicherheit zu erreichen. Begnügt man sich mit der halben AW-Zahl, so erhält man doppelten Querschnitt des Primärleiters, also doppelte thermische Festigkeit und auch doppelte dynamische Festigkeit, allerdings auch bei dem gleichen Eisenaufwand nur ein Viertel der Leistung. Jede Forderung nach übertrieben großer Leistung, wie sie oft bei der Projektierung aus Bequemlichkeit gestellt wird, kostet entweder viel Geld bei dem Stromwandler, oder sie setzt bei gleichem Geldaufwand die Betriebsicherheit herunter. Anderseits hat es aber auch keinen Sinn, hinsichtlich der Überstromsicherheit größere Anforderungen zu stellen, als sie auftreten können, wie es gleichfalls oft geschieht.

4. Prüfspannung und Betriebspannung.

Mit den neuen VDE-Bestimmungen, durch die Anwendung der Formel: 2,2 U + 20 kV, ist die Spannungsfestigkeit der deutschen Stromwandler außerordentlich gesteigert worden. Der 10 kV-Wandler, der im normalen Betriebe nur eine Spannung von 6 kV gegen Erde hat wird mit der 7fachen Betriebspannung, mit 42 kV, 1 min lang geprüft, der Stromwandler der Reihe 200, der normal mit 132 kV beansprucht wird, mit 460 kV. Es würde der Konstruktion keine Schwierigkeiten machen, mit der Prüfspannung noch weiter, über 460 kV, zu gehen; es liegen schon Modelle für 680 kV Prüfspannung vor, die in durchaus wirtschaftlicher Weise mit nur einer einzigen Stufe ohne Kaskadenschaltung aufgebaut sind. Dabei ist die Sicherheit so hoch, daß man bei den besten Ausführungen die Prüfspannung stundenlang einwirken lassen kann, ohne daß ein Durchschlag eintritt.

5. Art der Isolierung.

Mit Ausgußmasse gefüllte Stromwandler werden heute in Schaltanlagen und Kraftwerken nicht mehr verwendet, wenn es überhaupt geschieht, so ist es nur in Netzen, wo nicht mit hohen Kurzschlußstromstärken und hohen Überlastungen zu rechnen ist.

Für Mittelspannungen bis zu 30 kV und 86 kV Prüfspannung werden heute allgemein Trockenwandler mit schwer brennbarer Hartpapierisolierung oder mit Porzellanisolierung verwendet, letztere insbesondere in Form des Querlochwandlers, der heute für Spannungen bis 30 kV mit vollkommener Sicherheit durchgebildet ist. In der letzten Zeit sind auch andere Modelle rein porzellanisolierter Stromwandler für 10 und 20 kV Betriebspannung entwickelt worden, die aber alle größere Windungslänge haben als der Querlochwandler und deshalb hinsichtlich der Sprungwellen-Festigkeit weniger günstig sind. Für höhere Spannungen, für die heute allerdings fast ausschließlich Freiluftanlagen gebaut werden, stehen Trockenwandler eigentlich nur als Stab-, Schleifen- und Kaskadenwandler zur Verfügung. Schleifen-Stromwandler nehmen für hohe Spannungen sehr große Abmessungen an und werden deshalb auch sehr teuer. Ölisolierte Stromwandler werden heute als wohlfeile Typen sehr viel in Mittelspannungsnetzen verwendet, außerdem für hohe Spannungen, bis zu 220 kV. Man hat die Technik der Isolierung in den letzten Jahren so weit verbessert, daß Durchschläge von Stromwandlern zu den größten Seltenheiten gehören, insbesondere bei Spannungen von 60 kV und darüber, wo für die Stromwandler verhältnismäßig mehr Geld aufgewendet wird als bei kleinen Spannungen. Die Wandler sind jetzt so sicher, daß mir beispielsweise in den letzten fünf Jahren kein Durchschlag eines gelieferten Siemens-Ölstromwandlers, für die mir naturgemäß allein vollständige Berichte vorliegen, für Spannungen von 60 kV und darüber im Betriebe bekanntgeworden ist. In der gleichen Zeit ist auch kein derartiger Wandler bei der Fabrikationskontrolle durchgeschlagen. Es ist auch kein einziger Fall vorgekommen, bei dem ein Ölwandler sekundär durch den Defekt eines anderen Apparates beschädigt worden wäre und durch seine Ölfüllung Schaden angerichtet hätte. Es ist meiner Ansicht nach nicht notwendig, dort, wo es technische Schwierigkeiten macht und es nicht unbedingt nötig ist, unter allen Umständen zu öllosen Meßwandlern überzugehen, um so mehr als diese in elektrischer Hinsicht, wie noch bei den Spannungswandlern zu sehen sein wird, auch bei wesentlich höherem Preis nicht so sicher herzustellen sind, wie es bei Ölwandlern möglich ist. Ich fordere z. B. für jedes neue Ölwandlermodell als Typenprobe des Laboratoriums vor Freigabe der Fabrikation, daß es die verlangte Prüfspannung nicht nur 1 min lang hält, sondern 8 h lang. Es ist nicht wahrscheinlich, daß man Trockenwandler ebenso sicher herstellen kann; das Porzellan ist solchen Beanspruchungen nicht gewachsen.

6. Thermische Festigkeit.

Die thermische Festigkeit eines Stromwandlers ist im wesentlichen gegeben durch den Querschnitt des Primärleiters, durch die spezifische Querschnittsbelastung des Kupfers. Man hat dabei zwischen dauernder und kurzzeitiger Überlastung zu unterscheiden. Die VDE-Vorschriften fordern, daß ein Stromwandler dauernd mit dem 1,2fachen Nennstrom belastet werden kann, ohne daß die Erwärmungsgrenzen, die durch die R.E.T. gegeben sind, überschritten werden. Baut man den Wandler nach diesen Vorschriften, so ist sein Primärquerschnitt so, daß er etwa den 60fachen Strom 1 s lang führen kann, ohne daß dadurch eine größere Temperatursteigerung als 150 ° C eintritt. Das entspricht einer Querschnittsbelastung von etwa 3 A/mm². Wo das nicht ausreicht, muß man den Primärleiter verstärken, was bei gegebenem Wickelquerschnitt einer Verminderung der Windungszahl und damit der AW-Zahl entspricht. Da mit halber AW-Zahl der Wandler auf $^1/_4$ der ursprünglichen Leistung zurückgeht, so kann man daraus sehen, welche großen Schwierigkeiten entstehen, wenn sehr hohe thermische Festigkeiten gefordert werden. Es wurde z. B. in einem Falle verlangt, daß ein Wandler bei 20 A Primärstrom 30 VA in der Klasse E leisten sollte, außerdem aber noch einen Strom von 60 000 A 1 s lang aushalten sollte, also den 3000fachen Nennstrom. Derartige Anforderungen und auch schon geringere können mit normalen Modellen unter keinen Umständen mehr bewältigt werden, es müssen Spezialkonstruktionen dafür geschaffen werden, wenn die Lösung der Aufgabe überhaupt möglich ist.

Die Grenze des Erreichbaren ist z. Z. ein Stromwandler für 10 A Nennstrom, mit 15 VA Leistung in der 1 %-Klasse, der mit 32 mm² Kupferquerschnitt gewickelt ist, und den rund 600fachen Primärstrom 1 s lang aushält. Bei diesem Wandler verläuft sogar die Fehlerkurve so flach, daß die Grenzen auch bei $^1/_{20}$ des Nennstromes nicht überschritten werden.

7. Überstromziffer[6].

Eine in den letzten Jahren mehr und mehr betonte Forderung an Stromwandler für Kraft- und Umspannwerke ist die, daß die Wandler nicht nur von $^1/_{10}$ des Nennstromes bis zum vollen Strom richtig übersetzen, sondern auch bis zu einem hohen Vielfachen des primären Nennstroms. Eine derartige Forderung ist z. B. nötig beim Differentialschutz von Großtransformatoren. Dieser beruht bekanntlich darauf, daß das Verhältnis der Ströme in der Hoch- und Niederspannungswicklung praktisch konstant bleibt, solange der Transformator gesund ist. Tritt ein Windungschluß oder ein Kurzschluß auf, so ist das Gleichgewicht gestört und der Transformator wird durch das Schutzrelais abgeschaltet. Ein Ausschalten des Transformators darf aber nicht eintreten, wenn außerhalb von ihm ein Kurzschluß auftritt und dabei der Strom bis zu einem Vielfachen seines normalen Wertes ansteigt, je nach der Streureaktanz, die der Transformator aufweist. Dann muß aber auch bei

[4] Keinath, ETZ 1930, S. 1738.
[5] Reiche, ETZ 1928, S. 1772. — El. u. Maschinenb. Bd. 46, S. 1006 (1928).
[6] H. Buchholtz, AEG-Mitt. 1930, S. 548.

beiden Stromwandlern auf der Ober- und Unterspannungseite der Sekundärstrom in gleicher Weise ansteigen, so daß kein Differenzstrom entstehen kann, u. zw. so weit wie der Primärstrom anwächst. Man hat dafür neuerdings den Begriff der „Überstromziffer“ geschaffen und ihn als jenes Vielfache des Nennstromes definiert, bei dem der Sekundärstrom um 10% abgefallen ist. Es liegt nun nahe, bei der Bestellung eines Wandlers diese Überstromziffer sehr reichlich anzusetzen. Dadurch ist aber eine erhebliche Verteuerung des Wandlers zu erwarten. Verlangt man z. B. 100 VA bei Nennstrom und $n = 20$, so heißt das, daß der Wandler $20 \cdot 20 \cdot 100 = 40\,000$ VA abgeben muß, ohne daß sein Übersetzungsverhältnis um mehr als 10% abfällt. Selbstverständlich muß man, um einen solchen Wandler herzustellen, einen sehr großen Eisenkern verwenden, und es wird dadurch der Wandler wesentlich verteuert.

8. Dynamische Festigkeit.

Die Anforderungen in dieser Hinsicht treten gleichzeitig mit den hohen Anforderungen bezüglich der thermischen Überlastung auf. Bei einem Wickelwandler kann man die dynamische Festigkeit der Wicklung ausdrücken durch eine gewisse Anzahl von Stoß-AW, der der Wandler noch gerade gewachsen ist, ohne zerstört zu werden, z. B. 300 000 Stoß-AW. Ist die normale AW-Zahl dann gleich 1000, so heißt das, daß der Wandler den 300fachen Nennstrom maximal als Stoßamplitude ertragen kann.

Abb. 2. Kabel-Umbau-Stromwandler zum nachträglichen Anbringen an Einleiterkabel (Koch & Sterzel).

Erhöht man den Querschnitt auf das doppelte, so erhält man nicht nur die doppelte thermische, sondern auch die doppelte dynamische Festigkeit, also ist der Wandler noch für den 600fachen Stoßstrom gebaut. Absolut sicher ist allein der Stabwandler, und man wird deshalb an stark gefährdeten Stellen immer nur Stabwandler einzubauen versuchen. Durch die neuzeitlichen Kunstgriffe (Lochwicklung, Spaltwicklung) und mit den neuen Nickel-Eisen-Legierungen ist man heute in der Lage, selbst bis zu 50 A herab noch brauchbare Stabwandler für Meßzwecke und zum Anschluß von Relais herzustellen.

9. Neue Bauweisen der Stromwandler.

Angeregt durch die außerordentliche Steigerung der Anforderungen an Stromwandler sind in den letzten zehn Jahren ganz bedeutende Fortschritte gemacht worden und eine Anzahl von originellen Neukonstruktionen entstanden.

Das wesentlichste Ziel aller Stabwandlerkonstruktionen ist, bei gegebenem Primärstrom genügend große Leistung zu erreichen oder bei vorgeschriebener Leistung sie noch mit einem genügend kleinen Nennstrom zu schaffen. Bezüglich der Spannungssicherheit bestehen beim Stabwandler keine besonderen Probleme. Sehr beliebt ist es, eine normale Durchführung, beispielsweise eines Ölschalters, zu verwenden und um diese einen Ringkern zu bauen. Unangenehm ist dabei allerdings meist der große Durchmesser der Durchführung, der die Leistung heruntersetzt oder zu großem Materialaufwand im Eisenkern zwingt. Bei 220 kV kommt man z. B. auf 700 ... 1000 mm lichte Weite.

Noch bis vor kurzer Zeit war es nur möglich, mit 500 A als Mindeststromstärke bei einem Stabwandler die Genauigkeit der Klasse 0,5 und 15 VA Sekundärleistung zu erreichen. Heute ist man wesentlich weiter gekommen, man hat die Grenze schon bis auf 100 A heruntergedrückt; dazu sind folgende Wege eingeschlagen worden:

a) Verkleinerung des magnetischen Widerstandes. Man hat den Eisenkern nicht über eine normale Durchführung gesteckt, die meist für einen Nennstrom von mindestens 500 A gebaut ist, sondern hat einen möglichst dünnen Leiter mit möglichst hochwertiger Isolierung nach Art der Kabel angewandt. Dadurch wird die mittlere Länge des Kraftlinienweges wesentlich geringer, die Genauigkeit des Wandlers steigt, allerdings wird auch seine Höchstleistung, wie man sie für Relaisauslösung bei Überstrom braucht, weniger hoch. Ein Beispiel dieser Art ist der in Abb. 2 gezeigte Kabelstromwandler[7].

Abb. 3. Stromwandler mit Hilfswicklung und magnetischem Nebenschluß (General Electric Co.).

Abb. 4. Fehlerkurven von Stromwandlern in der Schaltung nach Abb. 3 mit und ohne Einschaltung der Kompensationswicklung.

b) Kunstschaltungen. Wenn man bei einem Stabwandler die Eisenkerne teilt und die beiden Hälften mit ungleichmäßigen Windungszahlen bewickelt, so erhält man durch diese Störung des magnetischen Flusses durch die „Vormagnetisierung“ des Kernes eine wesentlich kompliziertere Form der Fehlerkurve; sie wird bei 10 ... 20% des Nennstromes, wie man sagt, „gehoben“, gerade an den Fehlerpunkten, die am schwersten einzuhalten sind. Es gibt dabei zwei Arten der Störung: den Spaltkern und die Lochwicklung. Bei dem ersten sind zwei auf der ganzen Länge des Kraftlinienflusses getrennte Flüsse vorhanden, während bei der Lochwicklung

Abb. 5. Fehlerkurven von 15 kV-Stabwandlern als Einstufen- und Zweistufenwandler bei gleichem Materialaufwand.

nur bei einem Teil des Kraftlinienflusses eine vorübergehende Teilung des Flusses stattfindet. Das Verhalten beider Anordnungen ist grundverschieden. Über die Wirkungsweise läßt sich kein einheitliches Urteil abgeben, die Größe des Vorteils ist nicht immer dieselbe. Es gibt Anordnungen, wo man durch Spaltung des Kernes die Leistung auf das 3fache steigern kann, es gibt aber auch eine Reihe von Fällen, wo sich diese Komplikation kaum lohnt, weil sie nur 10 ... 20% größere Leistung bringt. Der

[7] Siehe auch ETZ 1928, S. 297 (Kabelstromwandler der AEG) und AEG-Mitt. 1928, S. 161.

Grundgedanke ist dabei stets, ohne fremde Stromquellen dem Eisenkern eine Vormagnetisierung zu geben[8]; damit ist aber auch zwangläufig die höhere Sättigung bei Betriebstrom gegeben, so daß die Überstromziffer solcher Wandler mit künstlich erhöhter Leistung immer kleiner wird als mit normaler Leistung. Abb. 3 zeigt zwei Ausführungen der General Electric Co. mit Tertiärwicklung und magnetischem Nebenschluß. Dadurch wird die Leistung des Wandlers etwa verdoppelt, wie es aus Abb. 4 zu sehen ist, an der deutlich das Verflachen der Fehlerkurve, das „Heben" bei kleinem Nennstrom zu sehen ist. Zu dieser Kategorie gehören auch die Wandler mit Zweistufenwicklung (nach Brooks u. Holtz). Den verblüffenden Erfolg dieser Anordnung zeigt Abb. 5. Die ursprünglichen Zweistufen-Stromwandler hatten den Nachteil, daß die anzuschließenden Apparate zwei Wicklungen haben mußten, bei den letzten Ausführungen ist dies aber nicht mehr der Fall. *(Schluß folgt.)*

[8] S. Wellings u. Mayo, J. Inst. El. Engs. Bd. 68, S. 704 (1930) Referat: ETZ 1931, S. 1123.

Versuche über Maschinenregelung und Parallelbetrieb in den Großkraftwerken Hirschfelde und Böhlen*.

IV. Ergebnis der Versuche beim Parallellauf der Maschinen und Kraftwerke.

Bearbeitet in der Wissenschaftlichen Abteilung der Siemens-Schuckertwerke AG., Berlin,

von Dr.-Ing. **Wilhelm Peters**, Berlin.

(Schluß von S. 1552.)

Zweipolige Kurzschlüsse wurden beim Parallelbetrieb der Kraftwerke Böhlen und Hirschfelde ausgeführt (über 230 km 100 kV-Leitung, $\omega L = 0{,}42\ \Omega$/km, gekuppelt; vgl. Zahlentafel 3). In Böhlen lief Maschine 6 mit etwa 4 MW und 60 % Leerlauferregung, in Hirschfelde Maschine 3 mit etwa 1 MW, beide speisten einen Abnehmer bei Hirschfelde (Lichtbogenofen, ohmsche Belastung). Die Spannung war um etwa 20 % gesenkt. Der Kurzschluß befand sich 30 kV-seitig in einer Stichleitung nahe beim Kraftwerk Böhlen, die mittels Ölschalters in Böhlen eingeschaltet wurde. Abb. 16 zeigt die Schaltung mit der Lage der Meß- und Schaltstellen. Durch den zweipoligen Kurzschluß wird das Strom- und Spannungsystem unsymmetrisch; es kann bekanntlich dann in ein rechts- und linksläufiges zerlegt werden. Die Wirkleistung des rechtsläufigen Systems zwischen den Kraftwerken entspricht der ausgetauschten synchronisierenden Leistung; die Wirkleistung des linksläufigen Systems geht in Stromwärme im Läufer über. Nun ist aus der Theorie des **Asynchronmotors** bekannt,

Zahlentafel 3.
Angaben für die 100 kV-Fernleitung Böhlen—Hirschfelde (233,4 km lang).

Einheitswerte	Induktiver Widerstand ωL	Ω/km	0,42
	ohmscher Widerstand R	Ω/km	0,20
	kapazitiver Leitwert C	$1/\Omega$km	$2{,}77 \cdot 10^{-6}$
	Wellenwiderstand bez. auf 1 Phase $Z = \sqrt{L/C}$	Ω	390
	Widerstandswinkel $\varrho = \text{arc tg}\, R/\omega L$	Grad	25
Gesamtwerte f. d. Einf.-Ltg. bez. auf 110 kV	induktiver Widerstand ωL	Ω	98
	ohmscher Widerstand R	Ω	47
	Impedanz $z = \sqrt{(\omega L)^2 + R^2}$	Ω	109
	Spannungsabfall bez. a. 30 MVA, $E_s = \omega L N/U^2$	%	24
	elektr. Ladeleistung $N_b = U^2 \omega C$	MVA	8
	natürl. Leistg. bei Selbstkompens. $N_0 = U^2/Z$	MW	31
	Kurzschlußleistg. der Leitung $N_k = U^2/\omega L$ (Kippleistung)	MW	123

läufigen Strömen und Spannungen, wattmetrisch oszillographiert; hierzu wurden die bekannten Drehfeldscheider[9] vor die Wattmeterschleifen[10] geschaltet[11]. Für die rechtsläufige Leistung läßt sich bekanntlich der zweipolige Kurzschluß durch eine äquivalente, symmetrische Fehler-

1 Strom a. Kurzschl.-Stelle
2, 3 S.-S.-Spannungen SR, ST
4, 5 Maschinenstrom T u. R
6, 7 rechts- bzw. linksläuf. Leistung
8 Strom i.d. 100 kV-Koppelleitung

Abb. 16. Schaltung der Kraftwerke beim zweipoligen Kurzschluß.

Abb. 17. Leistungsspiel vor (a) und während (b) des zweipoligen Kurzschlusses.

Abb. 18. Schaltbild für den zweipoligen Kurzschluß.

daß beim Lauf mit der doppelten Synchrongeschwindigkeit gegen das Drehfeld (Schlupf $s = 2$) die mechanisch zugeführte Bremsleistung N_{br}, welche ebenfalls in Läuferstromwärme übergeht, gerade ebenso groß ist wie die elektrisch aufgenommene. Aus der Messung der rechts- und linksläufigen Leistung N_r und N_l bestimmt sich also das Überschußdrehmoment, das den Läufer aus der synchronen Gleichgewichtslage bewegt und daher die Stabilität beeinflußt, zu $M_0 = \dfrac{N_r + 2\,N_l - N_0}{\omega_0}$, wo N_0 die vorangegangene stationäre Belastung der Maschine und ω_0 die synchrone Winkelgeschwindigkeit bedeuten (Abb. 17). Bei dem Kurzschlußversuch wurde die augenblickliche Leistung des rechts- und linksläufigen Drehfeldes in der Maschine Böhlen, jeweils gebildet aus den rechts- bzw. linksbelastung an der Kurzschlußstelle ersetzen, deren Impedanz Z_n gleich der negativen Komponente ist (Abb. 18). Das Stromsystem wird gewissermaßen an der Kurzschlußstelle in das linksläufige umgelenkt, welches die Querimpedanz Z_3 (110/30 kV-Transformator) und die parallel geschalteten Impedanzen Z_{1n} und Z_{2n} durchfließt. Indem wir wieder zunächst die Luftspaltspannungen konstant voraussetzen, erhalten wir[12] bei Vernachlässigung des ohmschen Widerstandes $Z_n = Z_3 + \dfrac{Z_{1n}\,Z_{2n}}{Z_{1n} + Z_{2n}} = 2 \cdot 19 + \dfrac{28 \cdot 52}{28 + 52} = 56\,\%$ und daher die wirksame Reaktanz $Z = Z_1 + Z_2 + \dfrac{Z_1\,Z_2}{Z_n}$

* Teil I „Überblick über Veranlassung, Zweck und Ergebnisse der Versuche" siehe ETZ 1931, S. 791; Teil II „Anordnung und Art der Durchführung der Versuche" siehe ETZ 1931, S. 1185, 1215 u. 1270; Teil III „Ergebnis der Versuche beim Alleinlauf der Maschinen" siehe ETZ 1931, S. 1349 u. 1382.

[9] Evans, El. World Bd. 81, S. 333 (1923), A. Dovjikoff, The Electric Journ. Bd. 26, S. 173 (1929).

[10] R. Strigel, VDE-Fachberichte 1927, S. 116. W. Peters. El. u. Maschinenb. Bd. 49, S. 769 (1931).

[11] Vor die Drehfeldscheider wurden außerdem noch Siebketten geschaltet, um die bei der Aufzeichnung der augenblicklichen Leistung störenden höheren Harmonischen namentlich beim Kurzschluß fern zu halten.

[12] Sämtliche Reaktanzwerte sind auf 30 MVA bezogen.

$= 106\,\%$, die vor dem Kurzschluß nur $Z = Z_1 + Z_2 = 28 + 52 = 80\,\%$ betrug. Die Kippleistung fällt daher auf $\alpha' = 75\,\%$ ihres Anfangswertes. Da nicht nachgeregelt wurde, bleiben die Polradspannungen konstant; das rechtsläufige Feld vergrößert sich um die Ankerrückwirkung, das linksläufige, welches den Läufer mit doppelter Geschwindigkeit schneidet, ist im wesentlichen jedoch nur Streufeld; seine Reaktanz beträgt bei Turbogeneratoren etwa 15 % der Synchronreaktanz. Für Leitung bzw. Transformator sind natürlich rechts- und linksläufige Reaktanz einander gleich. Demgemäß erhalten wir jetzt $Z_n = 2 \cdot 19 + \frac{37{,}7 \cdot 58}{37{,}7 + 58} = 61\,\%$ und daher $Z = 187 + 161 + \frac{187 \cdot 161}{61} = 843\,\%$, die Verminderung der Kippleistung auf $\alpha = \frac{348}{843} = 41\,\%$. Das Verhältnis α/α' ist jetzt größer als beim dreipoligen Kurzschluß, da ja das linksläufige Feld sofort seinen stationären Wert annimmt. Beim zweipoligen satten Kurzschluß auf der Fernleitung würde $Z_n = 23\,\%$ und somit $\alpha = 21\,\%$ betragen (Abb. 19).

werke bleiben während des Kurzschlusses (1 s) gut in Tritt und nähern sich nach Abschalten desselben unter sehr kleinen, aus der Leistungskurve ersehbaren Pendelungen der ursprünglichen Gleichgewichtslage, nachdem in Böhlen der Regler die Turbinenfüllung allmählich wieder auf den früheren Wert verstärkt hat.

Derselbe Versuch wurde nun mit noch schwächerer Erregung des Generators in Böhlen (24 % Leerlaufspannung) und noch längerer Kurzschlußdauer (4 s) wiederholt; die Wirkbelastung war hierbei etwas geringer (3,2 MW). Entsprechend der geringeren Erregung lieferte diese Maschine mehr kapazitiven Ladestrom für die Fernleitung. Abb. 22 zeigt etwa den gleichen Verlauf der Spannungen und rechts- und linksläufigen Leistungen. Der von der Böhlener Maschine gelieferte Kurzschlußstrom ist infolge der schwächeren Erregung geringer. Die Maschinen halten sich auch während der ziemlich langen Kurzschlußdauer gut in Tritt, so daß auch hier nur wieder schwache Leistungschwankungen während des Einpendelns nach Aufheben des Kurzschlusses auftreten.

a Normalbetrieb
b' 2pol. Kurzschl. üb. Reaktanz, U_k = konst. (Schnellerregung)
b 2pol. Kurzschl. üb. Reaktanz E_p = konst.
c 2pol. satter Kurzschluß a. d. Leitg.
d 3pol. Kurzschl. üb. Reaktanz

Abb. 19. Kippleistungen beim zweipoligen Kurzschluß; N-ϑ-Diagramm.

Abb. 20. Spannungsdiagramm beim zweipoligen Kurzschluß.

Abb. 21. Zweipoliger Kurzschluß zwischen den Kraftwerken (τ = 1 s).

Beim Eintritt des Kurzschlusses nach Abb. 16 eilt die Maschine Böhlen entsprechend ihrer größeren Belastung der in Hirschfelde in ihrer Polradstellung voraus (vgl. Spannungsdiagramm Abb. 20). Infolge Minderung der synchronisierenden Leistung durch den Zweiphasen-Kurzschluß wäre sie bestrebt, diese Voreilung noch zu vergrößern, um so ihre anfängliche Leistung wieder elektrisch abgeben zu können, die auf etwa die Hälfte zusammenbricht. Da nun aber durch das linksläufige Drehfeld ein Bremsmoment in der Maschine erzeugt wird, das etwa so groß ist wie die ausgefallene rechtsläufige Leistung, so bleibt das Gleichgewicht bestehen. Nur ganz geringfügige Pendelungen treten ein. Ähnlich sind auch die Verhältnisse in der Maschine Hirschfelde. Im vorliegenden Fall schwacher Belastung hat also die Dämpferwicklung einen besonders günstigen Einfluß auf die Stabilität bei zweipoligen Kurzschlüssen, da sie aus dem linksläufigen Drehfeld insgesamt gerade etwa eine ebenso große Leistung herausholt, wie dem Ausfall an rechtsläufiger Leistung entspricht, so daß die Leistungsbilanz der Maschine vor und während der Störung sich gar nicht ändert und die Polräder der Maschine relativ zueinander somit in der Schwebe gehalten werden. Die Last wird zum größten Teil von der näheren Maschine 3, Hirschfelde, übernommen, die ebenfalls zusätzliche Bremsmomente durch das linksläufige Drehfeld erhält. Spannung, Strom und linksläufige Leistung, welche als asynchrone Leistung von der Spannung abhängig ist, klingen allmählich in den der Ausbildung des Ankerrückwirkungsfeldes entsprechenden Endwert aus (Abb. 21). Die Spannung an der 100 kV-Sammelschiene in Böhlen fällt zunächst auf 40 % zwischen den kurzgeschlossenen Phasen und auf 80 % zwischen den beiden übrigen und sinkt allmählich noch etwas mit dem sich ausbildenden Ankerrückwirkungsfeld. Die beiden Kraft-

Zum Vergleich zeigt Abb. 23 den Versuch mit dreipoligem Kurzschluß an der gleichen Stelle von etwa derselben Zeitdauer bei gleichen Erregungen wie im letzten Fall und 4 MW Belastung. Da die Kippleistung der Leitung auf 16 % zusammenbricht, wird die Last von Hirschfelde übernommen. Infolge der ohmschen Verluste durch die Kurzschlußströme erhält ferner Hirschfelde eine Bremsbelastung von 7 MW, während Böhlen entsprechend der Untererregung und der vergrößerten Leitungsverluste nicht nur völlig entlastet wird, sondern sogar schwach motorisch läuft. Da außerdem die Spannung jetzt sofort auf 30 % zusammenbricht, so fallen die Maschinen schon nach knapp 1 s außer Tritt und fangen sich erst wieder 1 s nach Aufheben des Kurzschlusses; die Spannungen steigen hierbei langsam auf ihren ursprünglichen Wert an. Das Einpendeln der beiden Kraftwerke geht jetzt langsamer vor sich als bei den früheren Versuchen mit kurzgekuppelten Generatoren im Kraftwerk Hirschfelde, da das Dämpfungsverhältnis der Schwingungen jetzt nur etwa halb so groß ist infolge des ohmschen Widerstandes ($R = 0{,}2\,\Omega$/km; $R/\omega L = 0{,}5$) der Fernleitungen, der ja bekanntlich auf die Schwingungen anfachend wirkt (der Widerstandswinkel der Fernleitung ohne Transformatoren beträgt $\varrho = \text{arc tg}\, R/\omega L \approx 25°$). Die Schwingungsdauer der Pendelungen ist infolge der Koppelleitung und der kleinen Spannungserniedrigung um 50 % größer, die synchronisierende Kraft hierdurch also etwa auf die Hälfte gefallen.

Bei den Versuchen mit zweipoligen Kurzschlüssen war zufällig die Bremsleistung durch das linksläufige Feld ungefähr gleich dem Leistungsausfall an übertragener Leistung; diese war sehr klein und betrug nur 20 % der Maschinenleistung. Bei stärkerer Belastung ist natürlich diese günstige Übereinstimmung nicht mehr vorhanden. Bei voller Maschinenleistung (20 MW) und voller

Spannung würde z. B. entsprechend der gemessenen scheinbaren Verdoppelung der Leitungsreaktanz durch den zweipoligen Kurzschluß die übertragene Leistung auf 10 MW zurückgehen, während bei derselben Dämpferwicklung die Bremsleistung in der Maschine bei voller Spannung nur auf $2{,}7 \cdot 1{,}2^2 = 4$ MW steigen würde, so daß jetzt $20 - 4$ MW $= 20$ % weniger Leistung effektiv von der Maschine erzeugt und fortgeleitet wird. Der maximale Polradwinkel ϑ zwischen den Kraftwerken, der mit Rücksicht auf die Reaktanzverdoppelung $\vartheta = \text{arc sin } 0{,}4 = 25°$ beträgt[13], wäre jetzt 25 % größer, also 31°. Da bei 52 % Spannungsabfall auf der Leitung (einschl. Trafo- und Maschinenstreuung, vgl. Zahlentafel 1 u. 3) dieser Winkel bereits zwischen den Luftspaltspannungen vorhanden ist, so ist die Stabilität nur noch durch Schnellerregung gewahrt. Die bei den Versuchen erhaltene gebliebene Stabilität darf also nicht übertragen werden auf Vollastübertragung der Leitung (etwa 40 MW) bzw. bei satten Kurzschlüssen; hierbei wird vielmehr eine Abschaltung des Kurzschlusses in kurzer Zeit erforderlich sein, wenn die Kraftwerke stabil bleiben sollen. Bei Vollbelastung der Leitung mit 40 MW (2 Maschinen zu je 20 MW) ist die Leitung noch fast selbstkompensiert, so daß die Generatoren mit $\cos \varphi = 1$ arbeiten. Der Gesamtwinkel ϑ beträgt jetzt 40° (Maschine) + 25° (Leitung) = 65°, die gesamte Bremsleistung in beiden Maschinen bei voller Spannung $2 \cdot 2{,}7 \cdot 1{,}2^2 = 7{,}8$ MW. Hiermit bestimmt sich in Abb. 19 der höchstzulässige Winkelweg $\Delta \vartheta = 10°$, dem eine Abschaltzeit $\tau = 0{,}3$ s entspricht; ohne die Bremswirkung würde sie nur halb so groß sein. Da der Drehmomenten-Ausgleich etwa für Vollastübertragung anzustreben ist, wird die Stabilität durch Vergrößerung des effektiven Wechselstrom-Widerstandes der Dämpferwicklung verbessert (Wirbelstromstäbe). Dreipolige Kurzschlüsse erfordern eine außerordentlich kurze Abschaltung: nämlich nach unseren Versuchen mit entfernteren Kurzschlüssen bei kurzgekoppelten Maschinen und Vollbelastung schon wenigstens etwa $^1/_3 \ldots {}^1/_2$ s, d. s. Bruchteile einer Pendeldauer. Bei 2poligen satten Kurzschlüssen[14] ist zwar die Kippleistung ebenso gering, durch das Bremsmoment wird jedoch die Auslösezeit verdoppelt.

Abb. 22. Zweipoliger Kurzschluß zwischen den Kraftwerken ($\tau = 4{,}3$ s).

Abb. 23. Dreipoliger Kurzschluß zwischen den Kraftwerken ($\tau = 4{,}8$ s).

5. Versuche über das Fangen von Maschinen bei schwacher Erregung

(Versuch Nr. 10).

Es wurde weiter untersucht, ob die Maschinen bei schwacher bzw. langsam ansteigender Erregung bei geringem Schlupf sich wieder fangen und sich so von selbst synchronisieren. Bricht nämlich nach einer schweren Störung der Parallelbetrieb der Kraftwerksgeneratoren zusammen, so ist es meist nicht möglich, nach Beseitigung der Fehlerquelle die Generatoren nacheinander unmittelbar mit dem Netz parallel zu schalten, da seine Leistungsaufnahme oft dann noch so groß ist, daß sie von einer einzelnen Maschine gar nicht aufgebracht werden kann; die Spannung würde daher nicht gehalten werden. Man kann aber die Kraftwerksgeneratoren erst unter sich synchronisieren, um sie dann evtl. blockweise auf das Netz zu schalten. Am schnellsten und zweckmäßigsten geht das Synchronisieren der außer Tritt gefallenen, leerlaufenden Generatoren vor sich, wenn man sie nach evtl. Wiederhochfahren und ungefährem Drehzahlabgleich schwach oder unerregt zusammenschaltet; beim Auferregen ziehen sich dann die Generatoren infolge ihrer Dämpfung von selbst in die richtige Polstellung hinein. Es wurden mehrere derartige Versuche mit zwei und drei Kraftwerksgeneratoren in Böhlen ausgeführt und der Einschwingvorgang wattmetrisch oszillographiert. Abb. 24a zeigt beispielsweise in drei aufeinanderfolgenden Zeitausschnitten den Synchronisiervorgang der drei Kraftwerkmaschinen 6, 7 und 8 in Böhlen, die unerregt (remanenter Magnetismus) zusammengeschaltet wurden. Maschine 7 und 8 hatten beim Zusammenschalten nur sehr geringen Schlupf, wie Abb. 25 zeigt; sie ziehen sich daher gegenseitig sofort in Tritt. Zwischen dieser Maschinengruppe und Maschine 6 bestand hingegen nach Abb. 25 der große Schlupf von 6 %; hier dauert der gesamte Synchronisiervorgang daher länger, nämlich 24 s. Die Erre-

[13] Vgl. W. Peters, wie Fußnote [9], Abb. 6a.

[14] Über Versuche hierüber vgl. a. A. v. Timascheff, VDE-Fachberichte 1931, S. 117.

gung der drei Maschinen wurde währenddessen langsam gesteigert. Nach 10 s wurde die Drehzahl der Maschine 6 bis auf 3 % Schlupf von der Schaltwarte aus erhöht, wo ihr untersynchrones Laufen durch die asynchrone Leistungsaufnahme an ihrem Schalttafel-Wattmeter festgestellt wurde. Bei 20 s werden die Dämpfungsmomente endlich so groß, daß die Maschinen sich nun in Tritt ziehen. Abb 24 b zeigt für diesen Augenblick ($t = 0$) bei einem weiteren Versuch den Verlauf des Ständerstromes, der Ständerspannung des Erregerstromes und der Erregerspannung, welche beim asynchronen Durcheinanderlaufen stark schwanken. Nach dem Einschwingen gibt Maschine 7 an 6 und 8 Wirkleistung infolge der ungleichen Reglerstellung und Maschine 8 an 6 Blindleistung infolge ihrer Übererregung ab. Zweckmäßig gleicht man die Drehzahl bis auf 2 % Unterschied ab und erreicht hierdurch ein schnelles Fangen bei mäßigen Überströmen. Bei diesen Versuchen vergingen weniger als 10 s vom Augenblick des Zusammenschaltens bis zur Betriebsbereitschaft der Maschinen; diese Synchronisiermethode außer Tritt gefallener Generatoren ist daher für die Praxis sehr brauchbar; eine gute Dämpfung ist aber hierfür erforderlich.

Leistung Masch. 6
" Masch. 7
" Masch. 8
0 1 2 14 15 16 22 23 24 25 26 27 28 s

Abb. 24 a.

U Masch. 7
Ierr. Masch. 7
Uerr. Masch. 6
-3s -2 -1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12s

Leistung Masch. 6
I Masch. 6
U Masch. 6
-3s -2 -1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12s

Abb. 24 b.

Abb. 24 a u. b. Fangen der Maschinen bei schwacher Erregung.

6. Ergebnisse und Folgerungen.

Nach den Versuchen hängt die Stabilität davon ab, ob jeweils die Belastung bzw. Lastübertragung im Einklang zu der Stärke des elektromagnetischen Feldes, d. i. zur synchronisierenden Leistung steht. Insbesondere kommt es bei Schaltvorgängen sowohl auf die Höhe des Laststoßes und seine Verteilung auf die einzelnen Maschinen an, derzufolge sie ins Pendeln kommen, als auch auf die Aufrechterhaltung der synchronisierenden Leistung zwischen den Maschinen und Kraftwerken, um sie bei den Schwingungen in Tritt zu halten. Wir unterscheiden hiernach Wirk- und Blindlaststöße.

Pendelungen bei Wirklaststößen treten nicht auf, wenn die Systeme aufeinander abgestimmt, d. h. ihre Eigenschwingungszahlen gleich sind; in diesem Falle verteilt sich der Stoß auf die parallel arbeitenden Maschinen proportional ihrer kinetischen Energie. Praktisch ist eine genaue Abstimmung nicht möglich, da Maschinen verschiedener Größe und Bauart parallel fahren müssen. Die Unterschiede im mechanischen (Normalanlaufzeit) und elektrischen (Synchronisierleistung) Aufbau der Maschinen verursachen jedoch gewöhnlich nur so geringe Abweichungen der Eigenschwingungszahl, daß bei kurzgekuppelten, annähernd gleicherregten Kraftwerksgeneratoren kaum die Gefahr besteht, daß sie durch derartige Schaltvorgänge außer Tritt geworfen werden.

Blindlaststöße (Spannungsenkung, Reaktanzvergrößerung der Leitung durch Ausfallen von Parallelleitungen oder Kurzschlüsse) vermindern die synchronisierende Leistung. Bei konstanter Belastung vergrößert sich infolgedessen der Pendelwinkel; wird er zu groß, so fallen die Maschinen außer Tritt. Dies läßt sich also vermeiden durch sofortige Wiederverstärkung der synchronisierenden Kraft oder durch Entlastung. Besonders wichtig ist daher für die Stabilität die schnelle und gleichmäßige Spannungs- und Leistungsregelung, durch welche die Stöße sich auch gleichmäßig verteilen lassen. Durch ungleichmäßige Leistungsregelung bei den parallel arbeitenden Maschinen können die Pendelamplituden u. U. verstärkt werden. Da die Schnelligkeit der Regelung begrenzt ist, darf die Belastung nur einen Teil der statisch maximal übertragbaren Last betragen, um eine bestimmte Stabilitätssicherheit zu gewährleisten.

Eine wichtige Erkenntnis ist die elektrische Selbstbremsung des Generators beim zweipoligen Kurzschluß. Durch diesen bricht bekanntlich das rechtsläufige leistungübertragende Drehfeld teilweise zusammen, so daß die synchronisierende und übertragende Leistung zurückgeht. Dafür wird nun durch das linksläufige Drehfeld in der Dämpferwicklung Leistung verbraucht und der Ausfall je nach der Größe der Belastung, der Lage des zweipoligen Kurzschlusses und der Leistungsaufnahme der Dämpferwicklung mehr oder weniger wieder ausgeglichen. Die Tendenz des Generators zum Pendeln wird hierdurch vermindert. Bei Erdkurzschluß dürfte dieser Ausgleich unvollkommener sein. Bei diesem sind zwar die Drehfelderscheinungen die gleichen, infolge der Stromwärmeverluste im Erdungswiderstand tritt jedoch ein zusätzlicher Laststoß auf, der gefährliche Werte annehmen kann, wie man in den ungelöschten amerikanischen Netzen beobachtet hat. Die Erdschlußlöschung bringt daher großen Vorteil gegenüber der Sternpunkterdung. Bei Doppelerdschluß dürfte allerdings der Wirklaststoß ebenfalls in Betracht kommen.

Schlupf zw. Masch. 6 u. 7
Schlupf zw. Masch. 7 u. 8
Schlupf in %
0 1 2 3 4 5 6
0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 s

Abb. 25. Mittlerer Schlupfverlauf beim Fangen.

Für den Betrieb ist es günstig, die Belastung unter den Kraftwerksmaschinen möglichst abzugleichen, damit der gesamte Pendelwinkel, der sich aus der Stoßschwingung und dem Vorbelastungswinkel additiv zusammensetzt, nicht zu groß wird und hierdurch die Stabilität gefährdet, besonders wenn Spannungsenkungen etwa bei heftigen Belastungsstößen hinzukommen. Beim Parallelbetrieb von Kraftwerken ist meist eine größere elektrische Unsymmetrie durch die vor dem Fernkraftwerk liegende Fernleitung vorhanden. Wegen der bei Be- und Entlastungsstößen dann auftretenden Stoßschwingungen darf der Betriebswinkel ϑ zwischen den Kraftwerken eine bestimmte Größe nicht überschreiten, oder man muß die Leitung kompensieren und so die synchronisierende Kraft erhöhen.

Viel gefährlicher können sich jedoch die Stöße bei ungleicher Erregerstromregelung, auch schon beim Parallelbetrieb von kurzgekuppelten Kraftwerksgeneratoren auswirken. Es empfiehlt sich daher, die Blindlast möglichst anteilgleich auf die Maschinen zu verteilen und

jede Maschine mit einem eigenen schnellarbeitenden Spannungsregler zu versehen. Ist die Stabilität gefährdet, so muß die Ausregelung der Spannung innerhalb des ersten Viertels der Pendelschwingung erfolgen, die in der Nähe des Kippbereiches infolge der sinusförmigen Leistungscharakteristik etwas länger dauert und bei den Versuchen etwa ½ s betrug. Werden die Maschinen mit ungleicher Wirk- und Blindlastverteilung gefahren (z. B. Generatoren und Blindleistungsmaschinen) so muß bei Stößen die synchronisierende Kraft entsprechend stark genug sein, oder die Stöße müssen begrenzt werden.

Besonders wichtig für die Aufnahme des Stoßes ist das richtige, sichere und stabile Arbeiten der Leistungsregler. Die Wirklastaufteilung auf die einzelnen Kraftwerke und Maschinen richtet sich nur für die ersten Augenblicke nach ihrer Synchronisierleistung und kinetischen Energie, solange nämlich die Energielieferung aus den Schwungmassen erfolgt. Die statische Verteilung hingegen hängt nur von der Statik (Ungleichförmigkeitsgrad) des Leistungsreglers bzw. seiner Reglerstellung ab. Die Regler sollen möglichst schnell und gleichmäßig wirken, damit die Drehzahländerung begrenzt und die Koppelleitung möglichst bald entlastet wird. Bei ungleichen Maschinen soll möglichst die größere Maschine die kleinere Statik erhalten, damit sie mehr von dem Laststoß übernimmt, der ihr nicht so viel ausmacht, und der Parallelbetrieb dadurch ruhiger wird. Bei Grundlastbetrieb können die Einstellungen beliebig gewählt werden.

Von den Kraftwerken sollen das Nahkraftwerk oder das Pufferkraftwerk möglichst die kleinere Statik und die kleinere Schlußzeit der Regelung erhalten, um die Stöße von der Koppelleitung bzw. Fernleitung möglichst abzufangen; dies ist bei einem Dampf-Nahkraftwerk und einem Wasser-Fernkraftwerk häufig von selbst erfüllt, wenn der Wirklaststoß beim Nahkraftwerk auftritt. Spitzenkraftwerke mit schneller Regelung sollten möglichst nahe am Verbraucher liegen. Soll jedoch die Koppelleitung gleichbelastet und der Laststoß dem Fernkraftwerk zugeschoben werden, so müssen die Stoßschwingungen gut abgedämpft werden, da sonst ihre Überlagerung mit dem Regelungsvorgang zu große Pendelungen ergeben könnte.

Gesellt sich zu den Wirklaststößen noch eine starke Verminderung der synchronisierenden Leistung, wie z. B. bei Kurzschlüssen auf der Leitung, so muß der Leistungsregler die verminderte Übertragungsmöglichkeit berücksichtigen und der Drehzahlregler evtl. während der Störung selbsttätig ausgeschaltet werden. Bei Blindlaststößen läßt sich ein Außertrittfallen durch sofortige Wiederverstärkung der synchronisierenden Kraft oder durch Entlastung verhindern. Da sich durch diesen Schaltvorgang die Drehzahl praktisch nicht ändert, reagieren die Drehzahlregler, auch wenn sie noch so empfindlich sind, zunächst fast gar nicht. Die Leistung wird daher nicht verringert. Als einziges Mittel bleibt daher, die synchronisierende Kraft möglichst stark zu erhalten. Man pflegt sie daher schon von vornherein so stark zu bemessen, daß eine Minderung bis zu einem gewissen Grade sicher aufgenommen wird und die Maschinen bei Nennlast und Nennlasterregung beispielsweise eine plötzliche Senkung der Klemmenspannung um 35 % noch ertragen können. Soll die Stabilität noch bei größeren Spannungssenkungen gesichert sein, so müssen die Maschinen noch härter ausgelegt werden, wodurch sie teurer werden. Es kann daher in vielen Fällen dann, besonders bei weiter Kopplung über lange Leitungen, ratsamer sein, die Kurzschlußleistung der Maschinen besonders bei weitem Regelbereich durch eine besondere Schnellerregung nur im Gefahrfalle momentan zu erhöhen. Etwaige Überstromregler dürfen dann erst eingreifen, wenn der Parallelbetrieb trotzdem nicht mehr stabil bleiben sollte.

Um jedoch in diesen Feldverstärkungsmaßnahmen nicht allzu weit zu gehen, was unwirtschaftlich wäre, hat man auf der anderen Seite sein Augenmerk darauf zu richten, das Entstehen gefährlicher Blindlaststöße durch Kurzschlüsse möglichst einzuschränken oder sie wenigstens in ihrer Wirkung abzuschwächen. Letzteres kann z. B. durch schnelles Ausschalten des kranken Leitungsteiles oder durch Vorschalten von Kurzschlußdrosselspulen vor die Abzweignetze geschehen, die von Kurzschlüssen besonders heimgesucht werden. Je schneller der Kurzschluß abgeschaltet wird, um so leichter kommen die Maschinen überdies wieder in Tritt, wenn sie infolge des Kurzschlusses auseinandergefallen sind, da sich dann der Schlupf noch meistens innerhalb der Kippschlüpfung der asynchronen Drehmomentenkurve hält. Dreipolige Kurzschlüsse sind schnellstens innerhalb eines Bruchteiles einer Pendelschwingungsdauer, d. h. in weniger als etwa ⅓ s abzuschalten, wie die Versuche lehren. Zweipolige Kurzschlüsse können hingegen je nach Lage des Falles manchmal bis zu mehreren Sekunden bestehen bleiben, ohne daß der Parallelbetrieb auseinanderfällt.

Sind mehrere Maschinen nach einer schweren Störung auseinandergefallen und sollen sie schnell wieder eingesetzt werden, so bringt man sie zweckmäßig zunächst wieder auf Nenndrehzahl und gleicht diese bis etwa auf 2 % ab. Hierauf mit schwacher Erregung zusammengeschaltet, synchronisieren sie sich dann von selbst innerhalb weniger Sekunden, während die Erregung gesteigert wird.

Für Maschinen, Transformatoren und ihre Regler ergeben sich schließlich folgende konstruktive Hinweise. Die Generatoren eines Kraftwerkes sollen wenn möglich in ihrem Aufbau einander angeglichen werden, sie sollen beim Parallelbetrieb mit weit entfernten Kraftwerken eine mäßige Ankerrückwirkung und nicht zu große Streuspannung erhalten, sie sollen also statisch hart sein, damit bei langen Fernleitungen mit erheblicher Reaktanz die synchronisierende Kraft nicht zu gering wird. Dies ist besonders bei Belastung durch Synchronmotoren (Pumpspeichermaschinen) wichtig. Auch bei den Transformatoren ist geringe Streuung erwünscht. Praktisch sollte man bei Großmaschinen ein Nennlast-Kurzschlußverhältnis von mindestens 2 anstreben, so daß sie bei Nennlasterregung ihre Nennleistung statisch noch bei 50 % Spannungsenkung abgeben, also dynamisch[15] eine plötzliche Senkung der Klemmenspannung um $0{,}7 \cdot 0{,}5 = 35\,\%$ ertragen können. Der Winkel ϑ zwischen Polrad- und Klemmenspannung beträgt dann bei Turbogeneratoren bei $\cos\varphi = 0{,}8$ Erregung etwa 25° und bei $\cos\varphi = 1$ etwa 40°.

Kräftige Dämpfung der Maschinen verbessert die Stabilität, da die Stoßschwingungen schnell abklingen und so die Gefahr des Überschwingens über die dynamische Stabilitätsgrenze vermindert wird. Die Maschinendämpfung, vor allem die Querfelddämpfung, sollte namentlich beim Parallelbetriebe über lange Leitungen stark genug sein, da sie durch die anfachende Wirkung des ohmschen Leitungswiderstandes verkleinert wird. Die Stabilität bei zweipoligen Kurzschlüssen wird durch die Dämpferwicklung verbessert, wenn sie im gegenläufigen Felde möglichst ebensoviel Stromwärmeverluste absorbiert, wie dem Ausfall an rechtsläufiger Leistung durch den Kurzschluß entspricht. Dieses wird am besten durch Ausbildung der Dämpferstäbe als tiefnutige Wirbelstromstäbe oder als 2- bzw. 3nutige Boucherot-Stäbe erzielt, deren effektiver Wechselstrom-Widerstand bei doppelter Synchronfrequenz im gegenläufigen Felde die verlangte Höhe erreicht, während der Widerstand bei den langsamen Pendelfrequenzen mit ihrem Gleichstromwiderstand identisch bleibt.

In schwierigen Fällen und beim Arbeiten in der Nähe der statischen Stabilitätsgrenze empfiehlt es sich, Stoßerregung vorzusehen; der Regler ist hierbei von der rechtsläufigen Spannung zu steuern, um bei zwei- und einpoligen Kurzschlüssen Falschregelungen zu vermeiden.

Durch gleichmäßige und schnelle Leistungsregelung der Kraftmaschinen werden die Stoßpendelungen wesentlich vermindert. Der Verkürzung der Schlußzeiten ist jedoch bei Wasserkraftwerken meist eine Grenze durch die Aufnahme des Staudruckes gesetzt. Bei Kurzschlüssen auf der Fernleitung kann eine ungleiche Leistungsregelung gefährlich werden und daher das zeitweilige Ausschalten der Regler während der Störungen erforderlich machen. Bei Blindlaststößen greift der Drehzahlregler nicht, wie erforderlich ist, ein, da sich die Drehzahl nicht ändert. Bei Verminderung der Kippleistung müßte auch die Belastung durch die Regler entsprechend heruntergesetzt werden, was sich bei Drehzahlreglern nur durch besondere Zusatzapparate erreichen läßt, die etwa von der elektrischen Leistung, Spannung oder Polradverdrehung beeinflußt werden.

---

[15] Vgl. F. Ollendorff u. W. Peters, Wiss. Veröff. Siem.-Konz. Bd. 5, H. 1, S. 7 (1926).

Quellennachweis der Elektrotechnik.

Von Dipl.-Ing. **Wilhelm Schröder**, Berlin.

Übersicht. Es wird ein Überblick über die das Schrifttum der Elektrotechnik erschließenden Hilfsmittel, Bibliographien, Referatblätter, Zeitschriftenschauen usw. gegeben und die Auskunftorganisation der Vermittlungstelle für den technisch-wissenschaftlichen Quellennachweis gezeigt.

Begriffsbildung.

Die Technik, die sich mit der Erzeugung und Nutzbarmachung der Elektrizität befaßt, wurde schon seit ihrer ersten Entwicklungszeit mit dem Sammelnamen „Elektrotechnik" bezeichnet[1]. Nach der heutigen Entwicklung kann die „Elektrotechnik" aber nicht schlechthin als technologisches Einzelgebiet im eigentlichen Sinne unter die übrigen Fachgruppen der Technik eingereiht werden; die Anwendbarkeit der Elektrizität als Energiewandler und Übertragungsmittel für mechanische, chemische, optische, thermische und akustische Wirkungen hat sie auch zu einer wichtigen Hilfsdisziplin auf allen Gebieten angewandter Wissenschaft werden lassen.

Schrifttum.

Die Ausbreitung des Arbeitsgebietes der Elektrotechnik hat eine Zerstreuung der wissenschaftlichen Ergebnisse, der Forschung und des Schrifttums zur Folge gehabt. Das Schrifttum der Elektrotechnik findet sich daher an den verschiedensten Orten entsprechend ihren Zusammenhängen mit andern Fachgebieten. Seit langem sind Bestrebungen im Gange, das elektrotechnische Schrifttum an einer Stelle zusammenzuziehen, um jeweils einen Überblick über den Stand der gesamten elektrotechnischen Wissenschaft und Praxis zu gewinnen. Den Anfang in der Verwirklichung dieses Planes bildeten die

„Fortschritte der Elektrotechnik",

die als Berichte über die gesamte elektrotechnische Literatur von 1887 bis 1911 mit Unterstützung und zum Teil im Auftrage des Elektrotechnischen Vereins, Berlin, erschienen sind. Vom Jahre 1912 ab wurden diese Literaturberichte fortgesetzt durch das von Geheimrat Dr. Karl Strecker herausgegebene

„Jahrbuch der Elektrotechnik",

das in Gestalt zusammenfassender Berichte über die hauptsächlichsten Teilgebiete der Elektrotechnik eine Literaturübersicht des jeweiligen Berichtsjahres brachte. Vom Jahre 1928 ab setzte sich der Verband Deutscher Elektrotechniker mit besonderem Nachdruck für die bibliographische Auswertung der elektrotechnischen Fachliteratur ein. In der vom Verein deutscher Ingenieure herausgegebenen

„Technischen Zeitschriftenschau"

wurde die Berichtgruppe „Elektrotechnik" zu einem besondern Hauptabschnitt ausgebaut. Die Herausgabe der „Technischen Zeitschriftenschau" erfolgt seitdem gemeinsam durch den Verein deutscher Ingenieure und den Verband Deutscher Elektrotechniker. Geheimrat Strecker übernahm an Stelle der Herausgabe des „Jahrbuches der Elektrotechnik" die Schriftleitung des Abschnittes „Elektrotechnik" der „Technischen Zeitschriftenschau".

Neben der „Technischen Zeitschriftenschau", die über das elektrotechnische Schrifttum im allgemeinen berichtet, gibt es noch eine Reihe von Bibliographien, die einzelne Gebiete der Elektrotechnik gesondert behandeln. Unter diesen sind vor allem die

„Physikalischen Berichte"

zu nennen, die von der Deutschen Physikalischen Gesellschaft und der Deutschen Gesellschaft für technische Physik herausgegeben werden. Die „Physikalischen Berichte" bringen in einem besonderen Abschnitt „Elektrizität" das Schrifttum der Elektrophysik. Als besonderer Ausschnitt aus diesem Gebiet erscheinen die

„Röntgentechnischen Berichte",

die von der Deutschen Gesellschaft für technische Röntgenkunde beim Deutschen Verband für die Materialprüfungen der Technik herausgegeben werden. Für das Gebiet der Röntgentechnik besteht ferner noch die jährlich erscheinende Bibliographie

„Die Röntgen-Literatur"

von Prof. Dr. Hermann Gocht, im Auftrage der Deutschen Röntgengesellschaft herausgegeben. Das Schrifttum der Fernmeldetechnik wird durch die

„Zeitschriftenschau des Reichspostzentralamtes"

geschlossen behandelt, das der Funktechnik und des Rundfunks durch die monatliche Literaturübersicht

„Deutsches Rundfunkschrifttum",

die von der Deutschen Bücherei bearbeitet und von der Reichs-Rundfunk-Gesellschaft herausgegeben wird. Das große Gebiet der elektrischen Energie wird in der kürzlich neu erschienenen

„Energiebibliographie"

bezüglich des deutschen Schrifttums vom Deutschen Nationalen Komitee der Weltkraftkonferenz bibliographisch bearbeitet. Es ist beabsichtigt, bei allen übrigen Nationalen Komitees der Weltkraftkonferenz derartige Bibliographien über das die Energie betreffende Schrifttum des eigenen Landes herauszugeben. Bisher erscheint noch

„Power and Fuel Bulletin"

vom Britischen Nationalen Komitee und

„Bulletin of Publications dealing with Power and Fuel"

vom Japanischen Nationalen Komitee der Weltkraftkonferenz. Über das Schrifttum der Elektrochemie und chemischen Elektrotechnik (Leiter, Widerstände, Isolierstoffe usw.) wird in einer besonderen Abteilung im

„Chemischen Zentralblatt"

berichtet. Viele sonstige Bücher- und Zeitschriftenschauen, die teils als Anhang von Zeitschriften, teils selbständig erscheinen, berichten noch über das Schrifttum einzelner Teil- und Anwendungsgebiete der Elektrotechnik. Die Elektrometallurgie, Elektroschweißung, elektrische Meßtechnik, elektrische Lichttechnik, Elektrotherapie usw. sind zum Teil in den genannten Bibliographien mit berücksichtigt, teilweise erscheinen sie in den vorhandenen Bibliographien der betreffenden technologischen Sondergebiete.

Von den Einrichtungen des Auslandes, die für die Unterrichtung über das elektrotechnische Schrifttum in Frage kommen, ist vor allem der

„Engineering Index service"

zu nennen, der mehrere „Divisions" über elektrotechnische Gebiete besitzt, die einzeln bezogen werden können. Dem Abonnenten werden in regelmäßigen Zeitabschnitten die Angaben über das anfallende Schrifttum mit Referaten auf Karteikarten gedruckt zugesandt. Einen ausgedehnten Literaturnachrichtendienst unterhält auch die

„Engineering Societies Library" (New York),

die die „Library of the American Institute of Electrical Engineers" mitumfaßt. Das „Library Service Bureau" liefert auf Bestellung Auszüge, Übersetzungen, Photokopien und erstattet laufende bibliographische Berichte über jeden gewünschten Gegenstand der Technik gegen ein mäßiges Honorar. Eine ausgedehnte Literaturschau über Elektrotechnik enthält die

„Revue générale de l'Electricité",

die von der Union des syndicats de l'électricité und vom Comité électrotechnique français herausgegeben wird.

Zu den Bibliographien des Auslandes, die elektrotechnische Literatur weitgehend berücksichtigen, zählen ferner:

„Mededeelingen van het Nederlandsch Instituut voor Documentatie en Registratuur",

die als Fortsetzung der „Bibliographie Technique" von A. Louis Vermandel eine Veröffentlichung des Internationalen Bibliographischen Instituts darstellen,

„Engineering Abstracts",

herausgegeben von The Institution of Civil Engineers, die ausführliche Auszüge aus dem Inhalt der zitierten Werke bringen,

„Annales de l'Energie"

und

„Giornale di Bibliografia Tecnica Internazionale".

In der Übersichtstafel sind die wichtigsten Bibliographien verzeichnet, die über elektrotechnische Gebiete im ganzen oder in größeren Teilabschnitten berichten.

Quellennachweis.

Der Quellennachweis ist im Gegensatz zu der fortlaufenden Unterrichtung durch Bibliographien, Bücher-, Zeitschriftenschauen, Referatblätter usw. eine besondere Auskunft über das Schrifttum, das über einen ganz bestimmten, genau zu kennzeichnenden Gegenstand vor-

[1] Vgl. a. ETZ 1930, S. 105.

Für die Elektrotechnik wichtige Bibliographien und ihre Haupt-Arbeitsgebiete.

Titel Herausgeber Verlagsanschrift	Erscheinungsweise	Grundwissenschaften	Erzeugung	Verteilung	Verwendung	Allgemeines
Technische Zeitschriftenschau Verein deutscher Ingenieure Verband Deutscher Elektrotechniker Berlin NW 7, Ingenieurhaus	halbmonatlich	Elektrophysik Werkstoffe	Elektromaschinen Kraftwerke galvanische Elemente	Leitungsnetze und Leitungen Schaltanlag. und Schalter	Lichttechnik elektrischer Antrieb (Fahrzeuge, Betriebe) Röntgentechnik Elektrowärmetechnik Fernmeldetechnik sonstige Anwendungsgebiete; Meßtechnik	Elektrowirtschaft Elektrizitätsrecht Vorschriften Normung Ausbildung
Repertorium Technicum Nederlandsch Instituut voor Documentatie en Registratuur Carel van Bylandtlaan 30, 's-Gravenhage	zweimonatl.	Elektrophysik Elektrochemie	Erzeugung Kraftwerke elektrische Maschinen Transformatoren	Übertragung Verteilung Kabel Leitungen Isolatoren Unterwerke Schaltungen Regelung Netzschutz	Elektromagnetismus Relais Lampen elektrische Eisenbahnen Batterien Galvanotechnik elektrische Heizung elektrische Öfen Entladungsröhren Telephonie, Telegraphie Radiotechnik, Funktechnik Bildfunk Meßtechnik	Wirtschaft Statistik
Revue générale de l'Electricité (Documentation) 12, Place de Laborde, Paris (VIII[e])	wöchentlich	Elektrizität und Magnetismus Meßtechnik, Versuche	Erzeugung (allgemein) Quellen	Verteilung (allgemein) Unterwerke Leitungsnetze	elektrische Zugförderung Telegraphie und Telephonie Elektrowärmetechnik Elektromedizin	
Engineering Index Service The American Society of Mechanical Engineers 29 West 39th Street New York	wöchentliche Berichterstattung jährliche Zusammenfassg.	Elektrophysik	elektrische Batterien	Übertragung und Verteilung	elektrischer Antrieb elektrische Heizung elektrische Öfen elektrische Instrumente elektrischer Fabrikbetrieb elektrisches Signalwesen Radiotechnik Galvanoplastik elektrische Eisenbahntechnik	Elektrowirtschaft Forschung Ausbildung
Engineering Abstracts The Institution of Civil Engineers Great George Street, Westminster S. W. 1, London	vierteljährlich	Elektrophysik Werkstoffe	Generatoren Motoren Transformatoren Akkumulatoren	Übertragung und Verteilung	elektrische Eisenbahnen und Straßenbahnen elektrische Beleuchtung und Heizung Telegraphie und Telephonie	
Energiebibliographie Deutsches Nationales Komitee der Weltkraftkonferenz, Berlin NW 7, Ingenieurhaus	vierteljährlich		Erzeugung (allgemein)	Verteilung und Speicherung (allgemein)	Verwendung (allgemein)	Wirtschaft Statistik Recht Normung Ausbildung
Power and Fuel Bulletin British National Committee World Power Conference 63, Lincoln's Inn Fields, London W. C. 2	monatlich		Erzeugung (allgemein)	Verteilung und Speicherung (allgemein)	Verwendung (allgemein)	
Power Bibliography Japanese National Committee World Power Conference Yuraku-Kan Build. Maruno-Ochi, Tokyo	monatlich		Erzeugung (allgemein)	Verteilung u. Speicherung (allgemein)	Verwendung (allgemein)	
Annales de l'Energie Liaison des Offices d'Energie 87 rue de Trion, Lyon	zweimonatl.		Erzeugung (allgemein)	Verteilung (allgemein)	Verwendung (allgemein)	Organisation (allgemein)
Giornale di Bibliografia Tecnica Internazionale Libreria Tecnica Internazionale Bologna — Casella Postale 265	zweimonatl.		Erzeugung (allgemein)	Verteilung (allgemein)	Telegraphie Telephonie Radio	

Titel Herausgeber Verlagsanschrift	Erscheinungsweise	Grundwissenschaften	Erzeugung	Verteilung	Verwendung	Allgemeines
Physikalische Berichte Deutsche Physikalische Gesellschaft Deutsche Gesellschaft für techn. Physik Verlag Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig	halbmonatlich	**Elektrizität und Magnetismus** (Apparate, Meßmethoden, Dielektrika, feste, flüssige, gasförmige Körper, Grenzflächen, Magnetismus, elektromagnet. Felder, Schwach-, Starkstromtechnik, Hochfrequenz-, Hochspannungstechnik, Gleichrichter, Röntgentechnik)			Elektromedizin	
Chemisches Zentralblatt Deutsche Chemische Gesellschaft Berlin W 10, Sigismundstraße 4	wöchentlich	Elektrochemie chemische Elektrotechnik				
Röntgentechnische Berichte Deutsche Gesellschaft für technische Röntgenkunde beim DVM, Berlin NW 7, Dorotheenstr. 40	monatlich	Physik der Röntgenstrahlen Röntgentechnik (Apparate, Verfahren)			Anwendung der technischen Röntgenverfahren, Kristallographie, Mineralogie, Metallkunde, Werkstoffprüfung	
Die Röntgen-Literatur Deutsche Röntgengesellschaft. Prof. Dr. Hermann Gocht. Verlag F. Enke, Stuttgart	jährlich	Physik der Röntgenstrahlen allgemeine Röntgentechnik			Röntgendiagnostik Röntgentherapie	Recht, Ausbildung
Zeitschriftenschau des Reichspostzentralamtes Berlin-Tempelhof, Schöneberger Straße 11/15	halbmonatlich	Apparate Messungen Berechnungen Akustik Werkstoffe		Linienbau	Telegraphie Fernsprechwesen Funktechnik Fördertechnik Stromversorgung Starkstrom	Verwaltung Unterricht
Deutsches Rundfunkschrifttum Reichs-Rundfunk-Gesellsch. Reichsverlagsamt Berlin NW 40	monatlich	physikalisch-technische Grundlagen des Funkwesens			Funktechnik Sendetechnik Empfangstechnik	Wirtschaft Rechtsfragen

handen ist. Wenn bei der wissenschaftlichen Arbeit oder in der Praxis eine besondere Frage auftaucht, über deren Lösung oder Erörterung an anderer Stelle Nachforschung gehalten werden soll, so tritt der Quellennachweis in Tätigkeit. In solchen Fällen genügt nicht das Referatblatt oder die Bibliographie, um das vorhandene Schrifttum über diese Frage in befriedigender Weise ausfindig zu machen. Ein guter Behelf ist ein systematisches Archiv, das auf Grund der Bibliographie angelegt wird. Viele Bibliographien und Referatblätter sind drucktechnisch so angeordnet, daß sie ohne weiteres durch Ausschneiden der einzelnen Quellenangaben für das Archiv benutzt werden können. Ein wirklich vollständiger Quellennachweis, der sowohl das älteste als auch das allerneueste und auch das noch nicht durch Bibliographien erschlossene Fachschrifttum enthält, kann jedoch nur von besonderen Fachauskunftstellen gegeben werden, die über ein umfassendes, fachmännisch geleitetes Archiv verfügen. Solche Fachauskunftstellen sind in großer Zahl für die verschiedensten Wissenschaftsgebiete in der verschiedensten Form vorhanden. Teils sind es die Spezialbibliotheken wissenschaftlicher Vereine und Verbände oder besonders interessierter Firmen und Einzelpersonen, teils sind es öffentlich-rechtliche Einrichtungen, wie Behörden, Versuchsämter, Prüf- und Forschungsanstalten usw. Ein großer Teil dieser Institute hat sich zu einem öffentlichen Auskunftsdienst bereitgefunden, der aus fachkundiger Hand zum Teil kostenlos, zum Teil gegen ein mäßiges, die eigenen Unkosten deckendes Honorar gegeben wird. Zur Erschließung des gesamten, bei diesen Auskunftstellen niedergelegten Wissenstoffes hat der Deutsche Verband Technisch-Wissenschaftlicher Vereine die

Vermittlungstelle für den technisch-wissenschaftlichen Quellennachweis

ins Leben gerufen, die mit all den erwähnten Fachauskunftstellen in Verbindung steht und die eingehenden Anfragen an die jeweils zuständigen Stellen weiterleitet, die dann ihrerseits mit dem Anfrager unmittelbar in Verbindung treten. Durch diese Organisationsform wird eine Verbindung des Auskunftsuchenden sowohl mit dem betreffenden Spezialarchiv als auch mit dem zuständigen Fachmann hergestellt, ohne daß eine finanzielle Belastung oder eine Verzögerung der Auskunfterteilung eintritt. Einen Überblick über die bis jetzt erfaßten mitarbeitenden Fachauskunftstellen gibt die soeben erschienene „Übersicht" der Vermittlungstelle für den technisch-wissenschaftlichen Quellennachweis[2]. Sie umfaßt in systematischer Anordnung 145 Fachauskunftstellen des deutschen Sprachgebietes mit Angaben über ihren Bestand an Büchern, Zeitschriften und sonstigen Quellen, sowie über eigene Veröffentlichungen und ihre besonderen Einrichtungen zur Auskunfterteilung. Die Elektrotechnik ist dabei hauptsächlich in den Abschnitten „Kraft", „Gesundheitstechnik" und „Nachrichtenwesen" vertreten. Die entsprechenden Auskunftstellen sind die folgenden:

Physikalisch-Technische Reichsanstalt	Technische Physik
Deutsche Gesellschaft für technische Physik	Technische Physik
Deutsche Chemische Gesellschaft	Chemie
Verein deutscher Ingenieure	Gesamte Technik
Die Hochschul-Büchereien	Gesamte Technik

[2] Zu beziehen durch: VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Ingenieurhaus. (43 S., DIN A 4.) Preis 0,75 RM.

Technisch-Wissenschaftliche Lehrmittelzentrale	Technischer Bilderdienst
Verband Deutscher Elektrotechniker	Elektrotechnik
Schweiz. Elektrotechnischer Verein	Elektrotechnik
Bergmann-Elektricitäts-Werke AG.	Elektrotechnik
Siemens-Schuckertwerke AG.	Starkstromtechnik
Fachliteraturstelle Siemens & Halske AG.	Schwachstromtechnik
Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft	Elektrotechnik, Maschinenbau
Berliner Städt. Elektrizitäts-Werke	Elektrizitätserzeugung und -verteilung
Rhein.-Westf. Elektrizitätswerk AG.	Elektrowirtschaft, Elektrotechnik
Obering. Hanns Krautt	Kraftübertragungsleitungen
Hermsdorf-Schomburg-Isolatoren G. m. b. H.	Hochspannungs-Isolatoren
Accumulatoren-Fabrik AG.	Akkumulatoren
Forschungsinstitut für Elektrowärmetechnik	Elektrowärmetechnik
Osram G. m. b. H.	Lichttechnik
G. Schanzenbach & Co.	Lichttechnik
Reichspostzentralamt	Fernmeldewesen

Die in der Übersicht der Vermittlungstelle für den technisch-wissenschaftlichen Quellennachweis mit genauer Anschrift genannten Stellen geben auf schriftliche Anfragen auch unmittelbar Auskunft. Es liegt aber im Interesse des Auskunftsuchenden, sich in jedem Falle an die Vermittlungstelle für den technisch-wissenschaftlichen Quellennachweis, Berlin NW 7, Ingenieurhaus, zu wenden, weil diese über die Arbeitsgebiete der einzelnen Auskunftstellen genauer unterrichtet ist und von sich aus die für die betreffende Anfrage zuständige Stelle ausfindig macht. Die genannte Organisationsform deckt sich auch mit der der Association of Special Libraries and Information Bureaux (Aslib), London, und der der Schweizerischen Kommission für Literaturnachweis in Zürich. Mit ihrer Hilfe wird sehr viel unnütze Doppelarbeit vermieden und im übrigen manches wichtige Gebiet des Schrifttums durch exakte, archivmäßige Sammlung der wissenschaftlichen Forschung und der technischen Praxis zugänglich gemacht.

Trotz der Fülle an Auskunftstellen und bibliographischen Hilfsmitteln, die für das Schrifttum der Elektrotechnik heute schon bestehen, mangelt es für manche Sondergebiete noch an einer exakten, bibliographischen Bearbeitung. Vielfach fehlt es noch an der genauen Kennzeichnung des Arbeitsgebietes und an der notwendigen Systematik, aus der die einzelnen Wissenszweige leicht gefunden werden können. Als ein wichtiger Fortschritt auf diesem Gebiet ist die Übersetzung der Fachgruppe 621.3 (Elektrotechnik) der Dezimalklassifikation des Internationalen Bibliographischen Instituts in Brüssel anzusehen, die auf Wunsch des Verbandes Deutscher Elektrotechniker vom Fachnormenausschuß für Bibliotheks-, Buch- und Zeitschriftenwesen herausgegeben wurde. Es wäre eine dankbare Aufgabe, außer der Einteilung nach dem Dezimalsystem eine einheitliche fachlich-folgerichtige Einteilung der elektrotechnischen Gesamtwissenschaft zu treffen, die mit der fachlichen Gliederung der Archive und Auskunftstellen übereinstimmen würde. Je genauer die Arbeitsgebiete der einzelnen Auskunftstellen umrissen sind, desto geringer werden die Überschneidungen des Stoffes sein und desto sicherer auch die Erfassung des gesamten Schrifttums. Ein Zeichen natürlicher Fortentwicklung ist es, wenn sich aus größeren Fachgruppen einzelne Zweige herauslösen und entsprechend ihrer praktischen Bedeutung zur Bildung eines besonderen Archives bzw. einer eigenen Auskunftstelle Anlaß geben. Gerade die Beschränkung auf ein engeres Fachgebiet gibt die Möglichkeit einer gründlichen Bearbeitung des Stoffes. Es wäre wünschenswert, wenn jeder Forschungsausschuß, jede wissenschaftliche Arbeitsgruppe ein Archiv besitzen würde, mit dessen Hilfe sie dem außenstehenden Forscher mühelos geeignete Literaturauskünfte zu erteilen vermag, und das gleichzeitig für die betreffende Arbeitsgruppe eine wertvolle Fundgrube wissenschaftlicher Ergebnisse ihres Forschungsgebietes ist.

Praktische Berechnung von Kurzschlußströmen in mehrfach gespeisten Netzen*.

Von **Franz Ollendorff**, Berlin.

(Schluß von S. 1526.)

9. Stoßkurzschlußströme in vermaschten Netzen.

Durch die vorstehend angegebenen Verfahren ist es möglich, die Dauerkurzschlußströme in vermaschten Netzen mit ausreichender Genauigkeit zu berechnen. Es zeigt sich, daß man die Rechnungsmethoden sinngemäß erweitern kann, die früher für den einfach gespeisten Kurzschluß entwickelt wurden.

Wesentlich verwickeltere Gesetze gelten für die Verteilung der Stoßkurzschlußströme in vermaschten Netzen, denn diese Ströme bestehen neben dem Dauerstrom aus einer zeitlich abklingenden Wechselstromkomponente und einem gedämpften Gleichstromanteil. Man erkennt hieraus, daß die Leitungen und Transformatoren den drei Anteilen des Stoßstromes einen ganz verschiedenen Widerstand entgegensetzen, da ja insbesondere die induktiven Widerstandskomponenten von der Änderungsgeschwindigkeit des Stromes abhängen. Demnach ist es selbst im Falle des einfach gespeisten Kurzschlusses in vermaschten Netzen nicht möglich, einen einheitlichen Widerstand oder eine einheitliche Reaktanz für das Netzsystem zwischen den Generatorklemmen und dem Kurzschlußort anzugeben.

Die hierher gehörigen Aufgaben der Stoßstromverteilung in vermaschten Netzen sind bisher nicht allgemein gelöst; man muß sich deshalb vorerst mit Näherungsrechnungen begnügen. Wir wollen der Einfachheit halber annehmen, daß sich der gesamte Stoßkurzschlußstrom nach den Gesetzen des Dauerkurzschlußstromes im Netz verteilt. Der Begriff der numerischen Betriebs-Kurzschlußentfernung und der Betriebs-Netzreaktanz kann dann für die Ermittlung des Stoßkurzschlußstromes in jedem Kraftwerk verwertet werden. Wir erhalten auf diesem Wege für die Stoßstrom-Höchstwerte:

$$I_{s_I} = \frac{U \cdot 1{,}8}{\sqrt{3}\, x_{s_I} a_I} \sqrt{2}\,; \quad I_{s_{II}} = \dots \tag{30}$$

einheitlich für den drei- und zweipoligen Kurzschluß; dabei kann man die Werte der numerischen Betriebs-Kurzschlußentfernungen entweder berechnen oder aus einem Versuch am Netzmodell entnehmen. Die Stoßströme entsprechend den Gl. (30) sind entsprechend ihrer Herleitung nur näherungsweise richtig; man kann deshalb bei der Ermittlung der numerischen Betriebs-Kurzschlußentfernungen die unterschiedliche Wirksamkeit des Streu- und Ankerfeldes im Generator für den Stoß- und Dauervorgang außer Betracht lassen, so daß die Kurzschlußentfernungen entsprechend Gl. (19) auch für die Größe der Stoßströme maßgebend sind. — Das hier genannte Verfahren genügt selbstverständlich nur mäßigen Genauigkeitsansprüchen; wir behalten uns deshalb vor, die Größe und Verteilung der Stoßströme in vermaschten Netzen an anderer Stelle eingehender zu behandeln.

10. Anwendung auf den Kurzschlußstrom von Mehrfachkraftwerken.

Wir wollen das Verfahren an dem Beispiel eines Mehrfachkraftwerkes nach Abb. 18 erläutern. Dort ist vorausgesetzt, daß das Kraftwerk in fünf Generatorgruppen *I* bis *V* aufgeteilt ist, deren jede über die zugehörige Sammelschiene in sich kurzgekuppelt ist; jede dieser Gruppen bildet also im Sinne unserer Definitionen ein Einfachkraftwerk. Die fünf Gruppen-Sammelschienen sollen dagegen durch je eine Kupplungsdrossel mit der Reaktanz x_k voneinander getrennt sein. Wir fragen nach der Größe des Kurzschlußstromes, der in dem gefährlichsten Falle des Kurzschlusses an der Sammelschiene *III* auftritt, und wollen insbesondere die Verringerung der Kurzschluß-

Abb. 18. Mehrfachkraftwerk.

Abb. 19. Vereinfachtes Schema des Mehrfachkraftwerkes.

* Dieser Aufsatz bildet den Schluß der Aufsatzreihe über die Herleitung der Kurzschluß-Berechnungsmethode des VDE (vgl. ETZ 1930, S. 193). Vorhergehende Aufsätze: ETZ 1930, S. 194, 238, 269, 926 999.

erscheinungen durch die Aufteilung des Kraftwerkes in fünf Generatorgruppen diskutieren.

Innerhalb einer Generatorgruppe („Einfachkraftwerk") fassen wir Generatoren und Transformatoren zu einer Einheit zusammen. Die relative Streuspannung des resultierenden Satzes sei $\varepsilon_s = 25\,\%$, sein Kurzschlußverhältnis bei Leerlauf möge 0,7 betragen. Der Unterschied der relativen Streuspannung mit und ohne Bohrungsfeld kann hier als unerheblich außer acht bleiben, da wir den Stoßkurzschlußstrom aus den oben genannten Gründen nur näherungsweise ermitteln wollen; überdies verliert dieser Unterschied durch den Einfluß der Transformatoren und Kupplungsdrosseln an Bedeutung. Die Generatoren seien vor Kurzschlußeintritt entsprechend Nennlast mit $\cos\varphi = 0{,}8$ vorbelastet, so daß ihre relative Erregung nach früher angegebenen Formeln zu

$$v = 1{,}8 + \left(4{,}45 \cdot 0{,}25 + \frac{1}{0{,}7} - 0{,}43\right) \cdot 0{,}72 = 2{,}5$$

bestimmt werden kann.

Um allgemein gültige Ergebnisse zu erhalten, beschreiben wir die Größe der Kupplungsdrosseln zweckmäßig durch ihren relativen Spannungsabfall ε_k; er gibt die Drosselspannung im Verhältnis zur Nennspannung je Phasenleitung an, wenn der N e n n s t r o m e i n e r M a s c h i n e n g r u p p e durch die Drossel fließt. Diese Definition stimmt, wie ausdrücklich betont sei, nur dann mit dem üblichen Begriff der relativen Drosselspannung ε_d überein, wenn der Nennstrom der Drossel dem Nennstrom einer Maschinengruppe gleicht. Andernfalls hat man ε_k mit dem Verhältnis der Nennströme in ε_d umzurechnen.

Da nach diesen Festsetzungen sämtliche relativen Spannungsabfälle den zugehörigen Reaktanzen proportional sind, dürfen wir diese Relativspannungen nach den allgemeinen Regeln der Kombination von Widerständen zusammensetzen. Diese Aufgabe wird durch den symmetrischen Aufbau des Kraftwerkes sehr erleichtert. Sei nämlich $\varepsilon_{s+a} = \varepsilon_s + \varepsilon_a$ die in diesem Sinne verstandene Reaktanz eines „Einfachkraftwerkes", so entsteht als Reaktanzplan des zu behandelnden Netzes das kettenleiterartige Schema nach Abb. 19. Zur Berechnung der Betriebs-Netzreaktanzen der einzelnen Einfachkraftwerke haben wir uns nun im Kurzschlußorte, d. h. an der Sammelschiene *III*, eine fiktive Spannung $U' = E$ angreifend zu denken, während gleichzeitig sämtliche Generatoren entregt sind. Die Maschinengrößen *I* und *V* können, ebenso wie die Maschinengrößen *II* und *IV*, infolge ihrer symmetrischen Lage zum Kurzschlußort gemeinschaftlich behandelt werden. Es ist somit $\varepsilon_{s+a}/2$ die Reaktanz von $I + V$, bezogen auf ihre Sammelschienen, und $(\varepsilon_k + \varepsilon_{s+a})/2$ ihre Reaktanz, bezogen auf die Sammelschienen *II* und *IV*. Dort ist die Reaktanz $\varepsilon_{s+a}/2$ der Gruppen *II* und *IV* parallel geschaltet, so daß die Gesamtreaktanz an diesen Sammelschienen auf den Wert sinkt:

$$\frac{\dfrac{\varepsilon_k + \varepsilon_{s+a}}{2} \cdot \dfrac{\varepsilon_{s+a}}{2}}{\dfrac{\varepsilon_k + \varepsilon_{s+a}}{2} + \dfrac{\varepsilon_{s+a}}{2}} = \frac{1}{2}\,\frac{(\varepsilon_k + \varepsilon_{s+a})\,\varepsilon_{s+a}}{\varepsilon_k + 2\,\varepsilon_{s+a}}.$$

Endlich liegt zwischen den Sammelschienen *II* und *IV* und dem Kurzschlußort die Reaktanz $\varepsilon_k/2$, so daß die Gruppen *I*, *II*, *IV* und *V* am Kurzschlußort eine resultierende Reaktanz ergeben:

$$\frac{1}{2}\,\frac{(\varepsilon_k + \varepsilon_{s+a})\,\varepsilon_{s+a}}{\varepsilon_k + 2\,\varepsilon_{s+a}} + \frac{\varepsilon_k}{2}.$$

Der von der Fiktivspannung erregte Strom ist also proportional mit

$$\frac{2\,E}{\dfrac{(\varepsilon_k + \varepsilon_{s+a})\,\varepsilon_{s+a}}{\varepsilon_k + 2\,\varepsilon_{s+a}} + \varepsilon_k}.$$

Von ihm erhält die Gruppe *I* den Anteil

$$\frac{1}{2}\,\frac{\varepsilon_{s+a}}{\varepsilon_k + 2\,\varepsilon_{s+a}},$$

so daß der Strom der Gruppe *I* proportional ist mit

$$\frac{\varepsilon_{s+a}\,E}{(\varepsilon_k + \varepsilon_{s+a})\,\varepsilon_{s+a} + \varepsilon_k\,(\varepsilon_k + 2\,\varepsilon_{s+a})} = \frac{E}{3\,\varepsilon_k + \dfrac{\varepsilon_k^2}{\varepsilon_{s+a}} + \varepsilon_{s+a}}.$$

Demnach ist

$$\varepsilon_{n_I} = \left(3\,\varepsilon_k + \frac{\varepsilon_k^2}{\varepsilon_{s+a}} + \varepsilon_{s+a}\right) - \varepsilon_{s+a} = 3\,\varepsilon_k + \frac{\varepsilon_k^2}{\varepsilon_{s+a}}$$

die Betriebs-Netzreaktanz der Gruppen *I* und *V*, ausgedrückt in relativen Spannungen, und

$$a_I = \frac{\varepsilon_{n_I}}{\varepsilon_s}$$

die zugehörige numerische Kurzschlußentfernung. Ganz ähnlich schließt man für die Gruppen *II* und *IV*. Sie nehmen von dem Gesamtstrom der Gruppen *I*, *II*, *IV* und *V* den Anteil auf:

$$\frac{1}{2}\,\frac{\varepsilon_k + \varepsilon_{s+a}}{\varepsilon_k + 2\,\varepsilon_{s+a}},$$

der also mit

$$\frac{(\varepsilon_k + \varepsilon_{s+a})\,E}{(\varepsilon_k + \varepsilon_{s+a})\,\varepsilon_{s+a} + \varepsilon_k\,(\varepsilon_k + 2\,\varepsilon_{s+a})} = \frac{E}{\varepsilon_k + \varepsilon_k\,\dfrac{\varepsilon_{s+a}}{\varepsilon_k + \varepsilon_{s+a}} + \varepsilon_{s+a}}$$

proportional ist. Die relative Betriebs-Netzreaktanz der Gruppen *II* und *IV* ist dann, in relativen Spannungen gemessen,

$$\varepsilon_{n_{II}} = \left(\varepsilon_k + \varepsilon_k\,\frac{\varepsilon_{s+a}}{\varepsilon_k + \varepsilon_{s+a}} + \varepsilon_{s+a}\right) - \varepsilon_{s+a} = \varepsilon_k + \varepsilon_k\,\frac{\varepsilon_{s+a}}{\varepsilon_k + \varepsilon_{s+a}}$$

und die numerische Kurzschlußentfernung

$$a_{II} = \frac{\varepsilon_{n_{II}}}{\varepsilon_s}.$$

Da die weitere formale Durchführung wenig Interesse bietet, gehen wir hier zur Zahlenrechnung über und bestimmen die numerischen Kurzschlußentfernungen der einzelnen „Einfachkraftwerke" in Abhängigkeit von der Größe der Kupplungsdrosseln:

Z a h l e n t a f e l 7: Numerische Kurzschlußentfernungen im fünffach zerteilten Mehrfachkraftwerk.

Reaktanz d. Kupplungsdrossel ε_k %	Gruppe *I* und *V*		Gruppe *II* und *IV*		Gruppe *III*	
	Netzreaktanz %	numerische Kurzschlußentfernung	Netzreaktanz %	numerische Kurzschlußentfernung	Netzreaktanz %	numerische Kurzschlußentfernung
0	0	1,00	0	1,00	0	1
5	15,2	1,61	9,8	1,39	0	1
10	30,7	2,22	19,4	1,77	0	1
15	46,6	2,86	28,6	2,14	0	1
20	62,8	3,50	37,6	2,50	0	1
25	79,4	4,18	46,3	2,85	0	1
40	131,2	6,22	71,2	3,85	0	1
60	205	9,20	102,5	5,11	0	1
80	285	12,4	131	6,22	0	1
100	370	15,8	159	7,38	0	1

Auf Grund dieser Tafel können wir die Teilkurzschlußerscheinungen in den Einfachkraftwerken *I* ... *V* leicht zahlenmäßig verfolgen. Da uns nur Verhältniswerte interessieren, benutzen wir für den Höchstwert des Stoßstromes die Formel

$$\frac{I_s}{I_n} = \frac{1{,}8}{a\,\varepsilon_s}\sqrt{2}$$

und für den Dauerkurzschlußstrom

$$\frac{I_d^{(3)}}{I_n} = \frac{1}{\varepsilon_a + a\,\varepsilon_s}\,k(a_3)$$

$$\frac{I_d^{(2)}}{I_n} = \frac{\sqrt{3}}{\varepsilon_a + 2\,a\,\varepsilon_s}\,k(a_2).$$

Zunächst erhalten wir für die außen liegenden Gruppen *I* und *V* folgende Zahlenwerte:

Z a h l e n t a f e l 8. Kurzschlußströme im fünffach zerteilten Kraftwerk, außen liegende Maschinengruppen.

Reaktanz der Kupplungsdrossel ε_k %	a	$a\,\varepsilon_s$	$a\,\varepsilon_s + \varepsilon_a$	$2\,a\,\varepsilon_s + \varepsilon_a$	$\frac{I_s}{I_n}$	$k(a_3)$ für $v = 2{,}5$	$k(a_2)$ für $v = 2{,}5$	$\frac{I_d^{(3)}}{I_n}$	$\frac{I_d^{(2)}}{I_n}$
0	1,00	0,25	1,43	1,68	10,2	2,58	2,52	1,81	2,60
5	1,61	0,42	1,60	1,98	6,05	2,55	2,45	1,60	2,14
10	2,22	0,55	1,74	2,29	4,63	2,52	2,35	1,45	1,78
15	2,86	0,71	1,89	2,60	3,58	2,48	2,20	1,32	1,47
20	3,50	0,88	2,06	2,93	2,89	2,40	2,08	1,17	1,23
25	4,18	1,04	2,22	3,27	2,44	2,35	1,95	1,06	1,03
40	6,22	1,55	2,73	4,29	1,64	2,15	1,80	0,79	0,73
60	9,20	2,30	3,48	5,78	1,105	1,92	1,64	0,55	0,49
80	12,40	3,10	4,28	7,38	0,82	1,80	1,61	0,42	0,38
100	15,80	3,95	5,13	9,08	0,64	1,65	1,58	0,32	0,30

In derselben Weise können wir für die mittleren Gruppen *II* und *IV* die Rechnung durchführen und finden

Zahlentafel 9. Kurzschlußströme im fünffach zerteilten Kraftwerk, mittlere Maschinengruppen.

Reaktanz der Kupplungsdrossel ε_k %	a	$a\,\varepsilon_s$	$a\,\varepsilon_s + \varepsilon_a$	$2\,a\,\varepsilon_s + \varepsilon_a$	$\frac{I_s}{I_n}$	$k\,(a_1)$ für $v=2{,}5$	$k\,(a_2)$ für $v=2{,}5$	$\frac{I_d^{(3)}}{I_n}$	$\frac{I_d^{(2)}}{I_n}$
0	1,00	0,25	1,43	1,68	10,2	2,58	2,52	1,81	2,60
5	1,39	0,348	1,53	1,88	7,31	2,57	2,50	1,68	2,30
10	1,77	0,442	1,62	2,06	5,76	2,55	2,42	1,57	2,03
15	2,14	0,536	1,72	2,23	4,74	2,52	2,36	1,47	1,83
20	2,50	0,625	1,81	2,43	4,07	2,50	2,28	1,38	1,63
25	2,85	0,714	1,89	2,61	3,57	2,47	2,18	1,31	1,44
40	3,85	0,93	2,11	2,94	2,73	2,40	1,98	1,14	1,17
60	5,11	1,28	2,46	3,74	1,99	2,26	1,90	0,92	0,88
80	6,22	1,55	2,73	4,28	1,64	2,15	1,80	0,79	0,73
100	7,38	1,84	3,02	4,86	1,38	2,00	1,75	0,66	0,63

Der Inhalt dieser Rechnungen wird durch Abb. 20 und 21 veranschaulicht. Man erkennt daraus, daß der Stoßkurzschlußstrom durch die Zerteilung am meisten geschwächt

Abb. 20. Stoßkurzschlußstrom im Fünffachkraftwerk.

Abb. 22. Relative Schwächung der Kurzschlußströme als Funktion der Kupplungsreaktanz.

Abb. 21. Dreipoliger (a) bzw. zweipoliger Dauerkurzschlußstrom (b) im Fünffachkraftwerk.

wird, wie dies auch unmittelbar verständlich ist; Hand in Hand damit geht die Kurzschluß-Abschaltleistung der Zentrale durch die Zerteilung zurück. Dies zeigt in etwas anderer Weise die folgende Zahlentafel 10, in der die Ergebnisse der vorangehenden zusammengefaßt sind. Dabei sind der Übersichtlichkeit halber die Gesamtströme auf denjenigen Kurzschlußstrom bezogen, den man beim unzerteilten Kraftwerk ($\varepsilon_k = 0$) erhalten würde, so daß diese Stromverhältnisse unmittelbar die Abschwächung der Kurzschlußerscheinungen durch die Zerteilung schildern.

Zahlentafel 10. Gesamtkurzschlußströme im fünffach zerteilten Kraftwerk.

Reaktanz der Kupplungsdrossel ε_k %	$\frac{I_{s\,III}}{I_n}$	$\frac{I_{s\,I}}{I_n} = \frac{I_{s\,V}}{I_n}$	$\frac{I_{s\,II}}{I_n} = \frac{I_{s\,IV}}{I_n}$	$\frac{\sum I_s}{5\,I_{s\,III}}$	$\frac{I_{d\,III}^{(3)}}{I_n}$	$\frac{I_{d\,I}^{(3)}}{I_n} = \frac{I_{d\,V}^{(3)}}{I_n}$	$\frac{I_{d\,II}^{(3)}}{I_n} = \frac{I_{d\,IV}^{(3)}}{I_n}$	$\frac{\sum I_d^{(3)}}{5\,I_{d\,III}^{(3)}}$	$\frac{I_{d\,III}^{(2)}}{I_n}$	$\frac{I_{d\,I}^{(2)}}{I_n} = \frac{I_{d\,V}^{(2)}}{I_n}$	$\frac{I_{d\,II}^{(2)}}{I_n} = \frac{I_{d\,IV}^{(2)}}{I_n}$	$\frac{\sum I_d^{(2)}}{5\,I_{d\,III}^{(2)}}$
0	10,2	10,2	10,2	1,00	1,81	1,81	1,81	1,00	2,60	2,60	2,60	1,00
5	10,2	6,05	7,31	0,724	1,81	1,60	1,68	0,935	2,60	2,14	2,30	0,881
10	10,2	4,63	5,76	0,609	1,81	1,45	1,57	0,866	2,60	1,78	2,03	0,792
15	10,2	3,58	4,74	0,526	1,81	1,32	1,47	0,815	2,60	1,47	1,83	0,708
20	10,2	2,89	4,07	0,473	1,81	1,17	1,38	0,765	2,60	1,23	1,63	0,640
25	10,2	2,44	3,57	0,438	1,81	1,06	1,31	0,724	2,60	1,03	1,44	0,580
40	10,2	1,64	2,73	0,370	1,81	0,79	1,14	0,626	2,60	0,73	1,17	0,492
60	10,2	1,105	1,99	0,322	1,81	0,55	0,92	0,525	2,60	0,49	0,88	0,410
80	10,2	0,82	1,64	0,294	1,81	0,42	0,79	0,467	2,60	0,38	0,73	0,370
100	10,2	0,64	1,38	0,280	1,81	0,32	0,66	0,416	2,60	0,30	0,63	0,342

In Abb. 22 ist die relative Schwächung der Kurzschlußströme durch die Kraftwerkszerteilung dargestellt. Die schon oben gewonnenen Ergebnisse werden hierdurch quantitativ vervollständigt und geben damit einen für alle Verhältnisse brauchbaren Anhalt für die Kurzschlußströme in solchen Mehrfachkraftwerken.

11. Zahlenbeispiel.

Als Beispiel für die allgemeine Anwendung der Methode behandeln wir die Berechnung der Dauerkurzschlußströme in einem dreifach gespeisten 50 kV-Netz nach Abb. 23. Wir bezeichnen die Zentralen mit *I*, *II*, *III* und geben zunächst eine Zusammenstellung der Generatordaten, wobei wir der Einfachheit halber sämtliche Reaktanzen sogleich auf die Nennspannung des Netzes beziehen:

Zentrale *I*.

Generatorleistung $N = 27\,500$ kVA,

Nennstrom $I_n = \frac{27\,500}{\sqrt{3}\,.\,50} = 320$ A,

Streuung (geschätzt) $\varepsilon_s = 20\,\%$,

Kurzschlußverhältnis bei Leerlauf, den Kennlinien der Maschine entnommen, $\frac{I_k}{I_n} = 0{,}42$ (man beachte diesen außergewöhnlich niedrigen Wert!),

Streureaktanz $x_s = \frac{0{,}20\,.\,50\,000}{\sqrt{3}\,.\,320} = 18{,}2\ \Omega$,

Ankerreaktanz $x_a = \left(\frac{1}{0{,}42} - 0{,}20\right)\frac{50\,000}{\sqrt{3}\,.\,320} = 197\ \Omega$.

Zentrale *II*.

Generatorleistung $N = 17\,100$ kVA,

Nennstrom $I_n = \frac{17\,100}{\sqrt{3}\,.\,50} = 198$ A,

Streuung (geschätzt) $\varepsilon_s = 20\,\%$,

Kurzschlußverhältnis bei Leerlauf $\frac{I_k}{I_n} = 0{,}8$,

Streureaktanz $x_s = \frac{0{,}20\,.\,50\,000}{\sqrt{3}\,.\,198} = 29{,}2\ \Omega$,

Ankerreaktanz $x_a = \left(\frac{1}{0{,}80} - 0{,}20\right)\frac{50\,000}{\sqrt{3}\,.\,198} = 146\ \Omega$.

Zentrale *III*.

Generatorleistung $N = 1900$ kVA,

Nennstrom $I_n = \frac{1900}{\sqrt{3}\,.\,50} = 22$ A,

Streuung (geschätzt) $\varepsilon_s = 10\,\%$,

Kurzschlußverhältnis bei Leerlauf $\frac{I_k}{I_n} = 0{,}9$,

Streureaktanz $x_s = \frac{0{,}20\,.\,50\,000}{\sqrt{3}\,.\,22} = 262\ \Omega$,

Ankerreaktanz $x_a = \left(\frac{1}{0{,}90} - 0{,}20\right)\frac{50\,000}{\sqrt{3}\,.\,22} = 1195\ \Omega$.

Aus den genannten Generatordaten ergibt sich mittels früher angegebener Formeln der Erregungszustand der Generatoren vor Kurzschlußeintritt. Wir nehmen hierbei an, daß die Maschinen entsprechend einer Belastung mit ihrer Nennleistung bei $\cos\varphi = 1$ erregt waren, und finden für den Generator der Zentrale *I* den relativen Erregerstrom im Verhältnis zur Leerlauferregung

$$v = 1{,}08 + \left(4{,}45\,.\,0{,}20 + \frac{1}{0{,}42} - 0{,}43\right).\,0{,}30$$
$$= 1{,}08 + 0{,}85 \approx 1{,}9.$$

Ähnlich ergibt sich der relative Erregerstrom der Generatoren in der Zentrale *II* zu

$$v = 1{,}08 + \left(4{,}45 \,.\, 0{,}20 + \frac{1}{0{,}80} - 0{,}43\right) . \, 0{,}30$$

$$= 1{,}08 + 0{,}51 \approx 1{,}60,$$

und auch der kleine Generator der Zentrale *III* ist praktisch auf den gleichen Wert erregt. Diese Generatoren sind also infolge ihrer kleineren Ankerrückwirkung erheblich schwächer erregt als der Generator der Zentrale *I*.

Die Berechnung der Transformator- und Leitungsreaktanzen bietet in diesem Falle keinerlei Besonderheiten und möge daher der Kürze halber unterdrückt werden; ihre auf 50 kV umgerechneten Zahlenwerte sind in Abb. 23 eingetragen worden.

Abb. 23. Zahlenmäßig untersuchtes Netz.

Nach diesen Vorbereitungen wenden wir uns zuerst zur Ermittlung der Kurzschlußströme im Punkt *A*. Hierzu ist im Kurzschlußort eine fiktive EMK vom Betrage *E* einzusetzen, welche in die entregt gedachten Zentralen hineinspeist. Der Strom hat zunächst die Reaktanz von 3,6 Ω zwischen dem Kurzschlußort und der Sammelschiene des Kraftwerkes *II* zu überwinden. Dort verzweigt er sich: Ein Teil wird von der Zentrale *II* aufgenommen, welche insgesamt eine Maschinen- und Transformatorenreaktanz von

$$29{,}2 + 146 + 21{,}7 = 196{,}9\ \Omega$$

aufweist; ein weiterer Anteil strömt über die Leitungsreaktanz von 3,6 Ω in die Zentrale *III*, wobei er also eine Reaktanz von

$$3{,}6 + 40 + 262 + 1195 \approx 1500\ \Omega$$

durchströmt; endlich fließt der Reststrom über Leitungen und Transformatoren von zusammen $22 + 27{,}5 + 5{,}35 + 5{,}1 \approx 60\ \Omega$ in die Zentrale *I* mit $18{,}2 + 197 \approx 215\ \Omega$ Generatorreaktanz, entsprechend einer Gesamtreaktanz von

$$60 + 215 = 275\ \Omega.$$

Vom Verzweigungspunkt an zeigt also das Netz einen resultierenden Leitwert von

$$\frac{1}{196{,}9} + \frac{1}{1500} + \frac{1}{275} = 0{,}005\,07 + 0{,}000\,667 + 0{,}003\,64$$

$$= 0{,}009\,38 \text{ Siemens}$$

mit einem Widerstand von

$$\frac{1}{0{,}009\,39} = 107\ \Omega.$$

Die fiktive EMK im Kurzschlußorte arbeitet demnach auf ein Netz vom Gesamtwiderstande

$$107 + 3{,}6 = 110{,}6\ \Omega,$$

so daß sie den Strom erzeugt:

$$i = \frac{E}{110{,}6} \text{ Amp.}$$

Dieser Strom verteilt sich nach den einzelnen Zentralen hin im Verhältnis der vom Verzweigungspunkte gemessenen Leitfähigkeiten: In die Zentrale *II* geht der Anteil

$$i_{II} = \frac{0{,}005\,07}{0{,}009\,38}\, i = \frac{E}{205} \text{ Amp.};$$

die Zentrale *III* nimmt den Strom auf:

$$i_{III} = \frac{0{,}000\,667}{0{,}009\,38}\, i = \frac{E}{1560} \text{ Amp.}$$

und die Zentrale *I* den Strom

$$i_I = \frac{0{,}003\,64}{0{,}009\,38}\, i = \frac{E}{286} \text{ Amp.}$$

In den vorstehenden Ausdrücken gibt der Nenner jeweils die gesamte Betriebsreaktanz vom Generatorsternpunkt bis zum Kurzschlußorte an. Indem wir diese Werte um den Betrag der inneren Generatorreaktanzen verringern, finden wir als Betriebs-Netzreaktanz für Zentrale *I*:

$$x_{n_I} = 286 - 215 = 71\ \Omega.$$

Ähnlich ergibt sich die Betriebs-Netzreaktanz der Zentrale *II* zu

$$x_{n_{II}} = 205 - 175{,}2 = 29{,}8\ \Omega$$

und schließlich die Betriebs-Netzreaktanz der Zentrale *III* zu

$$x_{n_{III}} = 1560 - 1457 = 103\ \Omega.$$

Damit kennen wir sogleich die numerischen Kurzschlußentfernungen der Zentrale *I*:

$$a_I = \frac{x_{n_I} + x_{s_I}}{x_{s_I}} = \frac{71 + 18{,}2}{18{,}2} = 4{,}9,$$

der Zentrale *II*:

$$a_{II} = \frac{x_{n_{II}} + x_{s_{II}}}{x_{s_{II}}} = \frac{29{,}8 + 29{,}2}{29{,}2} \approx 2$$

und der Zentrale *III*:

$$a_{III} = \frac{x_{n_{III}} + x_{s_{III}}}{x_{s_{III}}} = \frac{103 + 262}{262} = 1{,}4.$$

Wir berechnen hiermit die Dauerkurzschlußströme der einzelnen Zentralen. Für die Zentrale *I* finden wir den dreipoligen Dauerkurzschlußstrom

$$I^{(3)}_{d_I} = \frac{50\,000}{\sqrt{3}\,(x_{a_I} + a_I\, x_{s_I})}\, k(a_{I_3}) = \frac{50\,000}{\sqrt{3}\,(197 + 4{,}9 \,.\, 18{,}2)}\, k(4{,}9)$$

$$= 101{,}0 \,.\, 1{,}9 = 192 \text{ A}$$

und den zweipoligen Dauerkurzschlußstrom

$$I^{(2)}_{d_I} = \frac{50\,000}{x_{a_I} + 2 a_I\, x_{s_I}}\, k(a_{I_2}) = \frac{50\,000}{197 + 2 \,.\, 4{,}9 \,.\, 18{,}2}\, k(4{,}9)$$

$$= 134 \,.\, 1{,}75 = 234 \text{ A}.$$

Für die Zentrale *II* rechnet sich der dreipolige Dauerkurzschlußstrom

$$I^{(3)}_{d_{II}} = \frac{50\,000}{\sqrt{3}\,(x_{a_{II}} + a_{II}\, x_{s_{II}})}\, k(a_{II_3}) = \frac{50\,000}{\sqrt{3}\,(146 + 2 \,.\, 29{,}2)}\, k(2)$$

$$= 142 \,.\, 1{,}7 = 241 \text{ A}$$

und der zweipolige Dauerkurzschlußstrom

$$I^{(2)}_{d_{II}} = \frac{50\,000}{x_{a_{II}} + 2 a_{II}\, x_{s_{II}}}\, k(a_{II_2}) = \frac{50\,000}{146 + 2 \,.\, 2 \,.\, 29{,}2}\, k(2)$$

$$= 191 \,.\, 1{,}75 = 334 \text{ A}.$$

Endlich hat man für die Zentrale *III* den dreipoligen Dauerkurzschlußstrom

$$I^{(3)}_{d_{III}} = \frac{50\,000}{\sqrt{3}\,(x_{a_{III}} + a_{III}\, x_{s_{III}})}\, k(a_{III_3})$$

$$= \frac{50\,000}{\sqrt{3}\,(1195 + 1{,}4 \,.\, 262)}\, k(1{,}4) = 18{,}5 \,.\, 1{,}65 = 30{,}6 \text{ A}$$

und den zweipoligen Dauerkurzschlußstrom

$$I^{(2)}_{d_{III}} = \frac{50\,000}{x_{a_{III}} + 2\, a\, x_{s_{III}}}\, k(a_{III_2}) = \frac{50\,000}{1195 + 2 \,.\, 1{,}4 \,.\, 262}\, k(1{,}4)$$

$$= 25{,}9 \,.\, 1{,}7 = 44 \text{ A}.$$

Am Kurzschlußorte vereinigen sich die von den einzelnen Zentralen herrührenden Ströme, so daß man einen dreipoligen Dauerkurzschlußstrom

$$I^{(3)}_d = I^{(3)}_{d_I} + I^{(3)}_{d_{II}} + I^{(3)}_{d_{III}} = 192 + 241 + 30{,}6 = 464 \text{ A}$$

und einen zweipoligen Dauerkurzschlußstrom von

$$I^{(2)}_d = I^{(2)}_{d_I} + I^{(2)}_{d_{II}} + I^{(2)}_{d_{III}} = 234 + 334 + 44 = 612 \text{ A}$$

zu erwarten hat.

Wir führen jetzt die gleiche Rechnung für den Kurzschluß am Orte *B* durch. Die Verhältnisse liegen hier insofern einfacher, als jetzt die Zentrale *I* von den Zentralen *II* oder *III* durch den Kurzschluß entkuppelt ist, so daß also nur diese letztgenannten Zentralen vereinigt auf den Kurzschluß arbeiten. Daher läßt sich der Kurzschlußanteil der Zentrale *I* leicht angeben. Nach Abb. 23 beträgt die Netzreaktanz von der Sammelschiene der Zentrale *I* bis zum Kurzschlußort $5{,}1 + 5{,}35 + 27{,}5 \approx 38\ \Omega$ und also die numerische Kurzschlußentfernung

$$a_I = \frac{18{,}2 + 38{,}0}{18{,}2} = 3{,}09.$$

Damit finden wir als dreipoligen Dauerkurzschlußstrom

$$I^{(3)}_{d_I} = \frac{50\,000}{\sqrt{3}\,(197 + 3{,}09 \,.\, 18{,}2)}\ k\,(a_{I_3}) = 114 \,.\, 2 = 228\ \text{A},$$

während der zweipolige Dauerkurzschlußstrom den Betrag erreicht

$$I^{(2)}_{d_I} = \frac{50\,000}{197 + 2 \,.\, 3{,}09 \,.\, 18{,}2}\ k\,(a_{I_2}) = 162 \,.\, 1{,}85 = 300\ \text{A}.$$

Um die Ströme der Zentralen *II* oder *III* zu berechnen, denken wir uns in *B* eine EMK vom Betrage *E* wirksam. Sie treibt ihren Strom über eine Leitungstrecke von 22 Ω bis zur Sammelschiene der Zentrale *II*. Dort teilt sich der Strom: der in die Zentrale *II* hineinfließende Anteil findet eine Gesamtreaktanz von

$$29{,}2 + 146 + 21{,}7 = 196{,}9\ \Omega$$

vor, während bis zum Sternpunkt der Zentrale *III* die Reaktanz

$$3{,}6 + 40 + 262 + 1195 \approx 1500\ \Omega$$

zu überwinden ist. Der resultierende Leitwert beider Stromzweige ist

$$\frac{1}{196{,}9} + \frac{1}{1500} = 0{,}005\,07 + 0{,}000\,667 = 0{,}005\,84\ \text{Siemens}$$

so daß der Widerstand dieses Netzteiles sich zu

$$\frac{1}{0{,}005\,89} = 172\ \Omega$$

bestimmt. Der Strom, der von *E* erzeugt wird, erreicht also die Größe

$$i = \frac{E}{22 + 172} = \frac{E}{194}\ \text{Amp.}$$

Hiervon strömt der Anteil

$$i_{II} = \frac{0{,}005\,07}{0{,}005\,84}\, i = \frac{E}{223}\ \text{Amp.}$$

in die Zentrale *II*, während die Zentrale *III* den Strom aufnimmt

$$i_{II} = \frac{0{,}000\,667}{0{,}005\,84}\, i = \frac{E}{1690}\ \text{Amp.}$$

Nachdem hiermit die Betriebsreaktanzen zu 223 Ω und 1690 Ω gefunden sind, ergeben sich sofort die Betriebs-Netzreaktanzen

$$x_{n_{II}} = 223 - 175{,}2 = 47{,}8\ \Omega$$

und

$$x_{n_{III}} = 1690 - 1457 = 233\ \Omega\,.$$

Die Zentralen *II* und *III* weisen also die numerischen Kurzschlußentfernungen auf

$$a_{II} = \frac{x_{n_{II}} + x_{s_{II}}}{x_{s_{II}}} = \frac{47{,}8 + 29{,}2}{29{,}2} = 2{,}64$$

und

$$a_{III} = \frac{x_{n_{III}} + x_{s_{III}}}{x_{s_{III}}} = \frac{233 + 262}{262} = 1{,}89\,.$$

Als Dauerkurzschlußstrom der Zentrale *II* ergeben sich hiermit beim dreipoligen Kurzschluß

$$I^{(3)}_{d_{II}} = \frac{50\,000}{\sqrt{3}\,(146 + 2{,}64 \,.\, 29{,}2)}\ k\,(a_{II_3}) = 129 \,.\, 1{,}7 = 220\ \text{A}$$

und beim zweipoligen Kurzschluß

$$I^{(2)}_{d_{II}} = \frac{50\,000}{146 + 2 \,.\, 2{,}64 \,.\, 29{,}2}\ k\,(a_{II_2}) = 167 \,.\, 1{,}65 = 275\ \text{A}\,.$$

Ebenso berechnen wir den dreipoligen Dauerkurzschlußstrom der Zentrale *III* zu

$$I^{(3)}_{d_{III}} = \frac{50\,000}{\sqrt{3}\,(1195 + 1{,}89 \,.\, 262)}\ k\,(a_{III_3}) = 17{,}2 \,.\, 1{,}65 = 28{,}3\ \text{A}$$

und den zweipoligen Dauerstrom zu

$$I^{(2)}_{d_{III}} = \frac{50\,000}{1195 + 2 \,.\, 1{,}89 \,.\, 262}\ k\,(a_{III_2}) = 22{,}8 \,.\, 1{,}7 = 38{,}8\ \text{A}\,.$$

Durch Vereinigung aller Zentralenströme ergibt sich am Fehlerort ein dreipoliger Dauerkurzschlußstrom von

$$I^{(3)}_{d} = I^{(3)}_{d_I} + I^{(3)}_{d_{II}} + I^{(3)}_{d_{III}} = 228 + 220 + 28{,}3 = 476\ \text{A}$$

und ein zweipoliger Dauerkurzschlußstrom von

$$I^{(2)}_{d} = I^{(2)}_{d_I} + I^{(2)}_{d_{II}} + I^{(2)}_{d_{III}} = 300 + 275 + 38{,}8 = 614\ \text{A}\,.$$

12. Zusammenfassung.

Nachdem in einer früheren Untersuchung die Vorausberechnung der Dauerkurzschlußströme in einfachen Netzen behandelt wurde, ist in der vorstehenden Arbeit ein Verfahren zur praktischen Berechnung der Kurzschlußströme in beliebig gestalteten, mehrfach gespeisten Netzen entwickelt worden.

Der einfachste Fall liegt vor, wenn nur ein Kraftwerk auf das Netz arbeitet, wobei die Kraftwerksmaschinen unter sich kurz gekuppelt sind. Die Gesamtheit der Generatoren läßt sich dann durch einen einzigen Generator hinsichtlich der Kurzschlußerscheinungen gleichwertig ersetzen. Dieser Ersatzgenerator kann aus den Kurzschlußdaten der Einzelmaschinen und ihrem Leistungsanteil leicht gefunden werden. Man erhält hierdurch den Gesamtstrom und die Verteilung des Stromes auf die Einzelmaschinen mit praktisch ausreichender Genauigkeit. Bei sehr hohen Genauigkeitsanforderungen muß man zur graphischen Parallelschaltung der äußeren Generatorkennlinien übergehen.

Wenn die einzelnen auf das Netz arbeitenden Generatoren voneinander durch größere Reaktanzen getrennt sind, gestaltet sich die Berechnung verwickelter. Man berechnet daher die Ströme zunächst unter der Annahme verschwindender Generatorsättigung und erhält hierdurch die Größe der für jede Zentrale wirksamen Betriebsreaktanz. Durch Verringerung dieser Werte um den Betrag der inneren Generatorreaktanzen ergibt sich hieraus der Einfluß des Netzes in dem Begriff der Betriebs-Netzreaktanz, die ihrerseits zusammen mit der Generatorstreuung die numerische Kurzschlußentfernung bestimmt. Falls das Netz stark vermascht ist, empfiehlt es sich, die wirkliche Durchrechnung durch Vornahme einiger einfacher Messungen an einem elektrischen Netzmodell zu umgehen. Sind auf einem dieser Wege die Netzreaktanzen und die numerischen Kurzschlußentfernungen gefunden, so lassen sich die Dauerkurzschlußströme und Stoßströme nach den Regeln des einfach gespeisten Netzes berechnen.

Das Verfahren wird zunächst auf das Beispiel eines zerteilten Mehrfachkraftwerkes angewandt. An Hand von Zahlenrechnungen erkennt man, daß die Stärke der Kurzschlußerscheinungen durch die Kraftwerkszerteilung wesentlich gemindert werden kann. Sodann wird die Methode an dem praktischen Beispiel der Berechnung der Dauerkurzschlußströme in zwei verschieden gelegenen Punkten eines dreifach gespeisten Netzes ausführlich erläutert. Es zeigt sich, daß man die Aufgabe mit relativ einfachen Hilfsmitteln in übersichtlicher Form durchführen kann, so daß hierdurch das Verfahren als praktisch brauchbar erwiesen ist.

Die Elektrizität im Westen Britisch-Indiens.

Der äußere Aufbau Britisch-Indiens zeigt an der ganzen Westküste ein steil ansteigendes Gebirge, dem ein mehr oder weniger breiter Küstensaum vorgelagert ist. Der Südwestmonsun, welcher während dreier Monate, vom Meer kommend, diese Küste überschreitet, wird gezwungen aufzusteigen und gibt dabei etwa 90 % seiner Feuchtigkeit ab. Die mittlere Regenhöhe beträgt 200 cm, doch kommen in den Gebieten der Stauseen auch Regenhöhen von 700 cm vor; der gesamte Regen fällt praktisch nur während der drei Monsunmonate. Große Stauanlagen speichern dieses Wasser zur Bewässerung des Landes, zur Trinkwasserversorgung und neuerdings auch zur Kraftgewinnung auf. Gefälle von 500 bis 550 m stehen zur Verfügung. Die relative Luftfeuchtigkeit erreicht während der Regenmonate 95 % bei Lufttemperaturen von 23 bis 35 ° C; in der Trockenzeit sind die Temperaturen höher, die relative Feuchtigkeit sinkt aber wegen der Nähe des Meeres nicht unter 70 %. Da die große Regenmenge gute Bedingungen für die Landwirtschaft bietet, beträgt die mittlere Bevölkerungsdichte dieses Landesteils 100 bis 150 Einwohner/km².

Die industrielle Entwicklung des indischen Westens ist vornehmlich auf die Verarbeitung von Baumwolle gerichtet, die im Lande gebaut wird; afrikanische Baumwolle wird nur in geringerem Umfang eingeführt. Die Zahl der Textilfabriken an der Westküste beträgt 172, von denen sich etwa 100 Betriebe in Bombay und etwa 70 in Ahmedhabad befinden. Diese Anlagen haben bisher meist mit Dampfmaschinen und Seilantrieb gearbeitet, doch sind einige von ihnen bereits zum Bau eigener Kraftanlagen mit Elektrizitätserzeugung übergegangen und haben für diesen Zweck Dieselgeneratoren aufgestellt.

Der wachsende Bedarf der Stadt B o m b a y sowie die verlockende Möglichkeit, die Textilfabriken mit billigem Strom aus Wasserkräften zu versorgen, führte zum Ausbau der Anlagen in dem Randgebirge an der Straße Bombay—Poona. Bis jetzt sind Wasserkraftwerke in Angriff genommen, die nach endgültigem Ausbau etwa 0,2 Mill kW Maschinenleistung haben werden. Diese in der folgenden Übersicht genannten Anlagen dürften für absehbare Zeit

den Bedarf decken. Zur Zeit werden auch schon zwei Bahnlinien von diesen Wasserkraftwerken gespeist, u. zw. die Strecke Bombay—Poona, und die Vorortstrecke Bombay—Borivli. Die erstgenannte ist eine reine Gebirgsstrecke mit langen Steigungen von 1 : 40 und mehr; die zweite Strecke zeichnet sich durch entsprechende Verkehrsdichte aus.

Die im Westen Britisch-Indiens ausgebauten oder im Bau befindlichen Wasserkraftanlagen.

Stausee	Höhe des Dammes m	Länge des Dammes m	Speicherinhalt $10^6\,m^3$	Stat. Gefälle m	Einzugsgebiet km^2	Wassermenge m^3/s	install. Leistung kVA
Lonavla	10	1100	10	525*	13,8	480*	60 000
Walwahn	23	1370	74		14,2		
Shirawta	29	2330	210		28,4		
Kundley	47	490	14		30,2		
Andhra	58	565	410	532	123	480	60 000
Nila-Mulla ...	50	1600	460	500	258	960	120 000

* Die vier Stauseen sind untereinander verbunden und geben ihr Wasser gemeinsam an ein Kraftwerk ab.

Die weitere Entwicklung des Verbrauchs elektrischer Arbeit wird nicht zuletzt durch den Umstand gehemmt, daß die in Frage kommende Bevölkerung heute noch einen sehr niedrigen Lebenstandard aufweist; man schätzt das durchschnittliche Einkommen eines Inders auf etwa 45 RM je Monat; mir ist bekannt, daß die Industriearbeiter monatlich nur etwa 22 bis 25 RM Lohn bekommen.

Zu den Schwierigkeiten wirtschaftlicher Natur hinsichtlich der Ausbreitung der Elektrizität gesellen sich technische. Diese sind in erster Linie durch das Klima bedingt. Sämtliche Installationen leiden unter der Hitze, infolge deren die meisten Isoliermaterialien nach verhältnismäßig kurzer Zeit brüchig werden. Die hohe Luftfeuchtigkeit überzieht sie mit einem Feuchtigkeitsfilm, der den Isolationswiderstand sehr stark herabsetzt. Die Lebensdauer isolierter Leiter wird normalerweise mit sieben Jahren bei Gleichstrom und mit neun bei Wechselstrom angenommen, vorausgesetzt, daß bei der Verlegung die nötige Sorgfalt angewendet worden ist. Überdies ist bei der Verwendung elektrischer Arbeit in den Häusern zu berücksichtigen, daß die Feuergefährlichkeit letzterer wesentlich größer ist als bei uns, weil sehr viel mehr Holz benützt wird.

Die Unternehmungen, welche auf dem Elektrizitätsgebiet tätig sind, befassen sich ausschließlich mit dem Verkauf eingeführter Materialien und deren Installation. Die kaufenden Firmen sind in den wenigsten Fällen in der Lage, Installationen mit eigenem Personal auszuführen, sie übergeben diese Arbeiten vielmehr an die verkaufenden, die zu diesem Zweck einen Stab gelernter Arbeiter halten. Europäische Arbeiter oder Monteure können der hohen Kosten wegen meist nur zur Überwachung der Anlagen benutzt werden, während man im übrigen auf den einheimischen Arbeiter angewiesen ist. Dieser ist i. a. sehr intelligent und anstellig, doch hängt seine Nützlichkeit sehr von der genossenen Ausbildung ab. Die Frage der Verständigung ist in vielen Fällen nicht zu unterschätzen, weil die englische Sprache in den meisten Fällen nicht genügt. Bei der Vielzahl der selbständigen Sprachen und Dialekte in Indien müssen Dolmetscher zur Vermittlung herangezogen werden.

Das Nichtvorhandensein größerer Fabriken oder Werkstätten der Elektrizitätsindustrie ist natürlich ein Nachteil für die beabsichtigte Ausbildung der Leute, doch gibt es neuerdings einige technische Schulen in Bombay und der gleichnamigen Provinz, die leistungsfähig sind und schon manches Gute geschaffen haben. Die Regierung hat durch Gesetz die Registrierung und Ausstellung eines Diploms für die Firmen und Handwerker eingeführt, welche den Nachweis erbracht haben, daß sie auf dem Gebiet der elektrischen Installationen fachmännisch arbeiten können. Da das Zeugnis der erwähnten Schulen als Nachweis genügt, haben diese auch einen vielversprechenden Besuch. Diese Maßnahme der Regierung hat einem lange gefühlten Bedarf entsprochen; Winkelfirmen sind infolgedessen im Schwinden begriffen.

Die Leitungsverlegungen sind in ganz anderem Maß als bei uns das Hauptproblem der Elektrotechnik in Indien und vor allem im Westen. Die Art der Wohnhäuser, ihre Lage, ihr Alter und sogar die Frage des für den Mörtel verwendeten Sandes spielen hier eine Rolle. Die Häuser an der Küste sind mehr dem Einfluß der feuchten und salzigen Meeresluft ausgesetzt als die im Binnenland. Ist Meersand zum Hausbau verwandt worden, so ist damit zu rechnen, daß auf Jahre hinaus die Wände Salz ausscheiden, zumal wenn sie verputzt sind. Unter solchen Umständen ist es geboten, die Leitungen von den Wänden in einem gewissen Abstand zu verlegen. Auch bei metallummantelten Leitern ist die Gefahr elektrolytischer Zersetzungen nicht ausgeschlossen, aber i. a. doch auf Fälle beschränkt, in denen Salzausscheidungen zu erwarten oder festgestellt sind. Die Verlegung von Leitungen unter Putz in Isolierrohren begegnet bei den ausführenden Firmen mit Recht den größten Bedenken. Versuche in dieser Hinsicht haben ergeben, daß bereits nach zwei Jahren 80 % der Stromkreise nur noch einen Isolationswert von 0,05 bis 0,3 MΩ gegen Erde hatten; bei nur 20 % betrug dieser noch 2 MΩ. Nach dem heutigen Stande der Isoliertechnik ist es am besten, im westlichen Indien auf die Verlegung unter Putz zu verzichten.

Das älteste System der Leitungsverlegung in Indien überhaupt ist die Verwendung hölzerner Leisten mit Abdeckung aus Teakholz (teakwood casings). Der indische Installateur ist von Hause aus Schreiner und mit dieser Arbeit durchaus vertraut, so daß letztere auch hinsichtlich des Preises nicht schlecht abschneidet. Die Widerstandsfähigkeit des an sich sehr harten Holzes wird durch einen zweimaligen Anstrich mit Schellack auch in elektrischer Beziehung sehr verbessert, und es ist daher möglich, bei Hausinstallationen sogar blanke Leiter zu verwenden. Besonders in der Industrie hat man in den letzten Jahren dieser Verlegungsart oft den Vorzug gegeben und ist mit dem Erfolge sehr zufrieden. Die Befürchtung, daß die Holzleisten der Zerstörung durch weiße Ameisen ausgesetzt sein würden, hat sich im westlichen Indien nicht bewahrheitet.

Neuerdings verwendet man vielfach metallarmierte Leiter; die für den Mantel verwendete Legierung enthält i. a. Blei und entspricht der bei uns teilweise unter dem Namen Kuhloleitung bekannten Art. Schwierigkeiten ergeben sich nur an den Abzweigdosen und den Schaltern. Es erscheint zweckmäßig, an Stelle der normalen Typen, wie sie für europäische Verhältnisse entwickelt sind, solche mit größeren Abmessungen zu wählen, damit eine gute Trennung der Leiter gewährleistet ist. In manchen Fällen ist man dazu übergegangen, die Armaturen mit Masse zu vergießen, wenigstens da, wo man das mit Rücksicht auf Änderungen tun kann. Vielfach ist es üblich, auch diese metallumhüllten Leiter auf schmale Holzleisten zu legen, um gegen elektrolytische Einflüsse bei Salzausscheidungen oder Salzniederschlägen gesichert zu sein. Sodann werden Leiter mit Vollgummiisolation benutzt, die gegenüber den klimatischen Einflüssen erfolgversprechend sind. Besonders hat man in Bleichereien und Färbereien Einleiterkabel dieser Art verwendet; natürlich werden sie dort, wo sie mechanischen Beschädigungen ausgesetzt sind, durch besondere Abdeckungen geschützt. Lange Zeit war der Gebrauch von Leitungen nach Art unserer NGA-Leitungen üblich, die mit Messingklemmen befestigt wurden. Das hat sich gar nicht bewährt, weil die Leiter an den Befestigungsstellen sehr schnell durchscheuern. Außerdem wird die Installation bei nicht sehr sorgfältiger Verlegung infolge des sich einstellenden Durchhangs bald unansehnlich.

Die Regeln für elektrische Installationen sind in der letzten Ausgabe der von der örtlichen Regierungsstelle und der Vereinigung der Feuerversicherungsgesellschaften von Bombay angenommenen „I. E. E. Regulations“ festgelegt. Die Regeln des „Indian Electricity Act“ (Indisches Elektrizitätsgesetz) Neuausgabe 1922, entsprechen i. a. den von dem Electricity Commissioner für England herausgegebenen. Im Jahre 1918 hat die indische Regierung besondere Vorschriften für Installationen in öffentlichen Gebäuden erlassen, die besondere Rücksichten auf die örtlichen Verhältnisse in den einzelnen Landesteilen nehmen.

Die Kraftanlagen in Industriebetrieben weisen hinsichtlich ihrer Installation keine neuen Merkmale auf. Der elektrische Antrieb ist in erster Linie in den Textilfabriken Bombays eingeführt, wo sich die bekannten Vorteile hinsichtlich der Leistung und der Qualität der Gewebe ergeben haben. Weiterhin sind für indische Verhältnisse aber auch noch wesentlich günstigere Umstände für die Organisation des Betriebes und etwaige Erweiterungen in Erscheinung getreten. Bezüglich der Auslegung der Schaltanlagen ist einiges zu bemerken. Wenn eine Textilfabrik über Sonntag stillgelegen hat, so tritt vor allem während der Regenzeit infolge der Luftfeuchtigkeit ein Anspannen der mechanischen Übertragungselemente ein, vornehmlich der aus Hanf und Textilien hergestellten. Daher wird zum Anfahren am Montag etwa die doppelte Leistung als normal benötigt. Die verwendeten Drehstrommotoren können diese Überlastung ohne weiteres während der Anlaufzeit hergeben; man muß nur bei der Auslegung der Schaltanlagen hierauf Rücksicht nehmen. Im allgemeinen hat man bei der Elektrisierung mit Ausnahme der

Webstuhlantriebe der geringeren Anlagekosten wegen den Gruppenantrieb gewählt.

Die Stromversorgung der Industrie Bombays erfolgt mit einer Spannung von 22 kV seitens der Andhra-Vally Co. Ltd. und mit 6 kV von der Tata-Hydro-Electric Co. Ltd. Innerhalb der Betriebe werden die großen Motoren mit 2000 V betrieben; für Lichtzwecke oder kleinere Motoren beträgt die Spannung 220 oder 110 V. Die Leistungen der Transformatoren schwanken zwischen 500 und 900 kVA; man stellt letztere so weit wie nötig in Gruppen bis zu 4 Stück auf, und sie sind i. a. Eigentum der Lieferungsgesellschaften. Die verwendeten Ölschalter sind Dreikesseltypen entsprechend amerikanischer Praxis; ihre Erdung erfolgt in Kupfer von 700 mm² Querschnitt. Sämtliche Eisenteile sind untereinander und mit verschiedenen Erdplatten verbunden, die entsprechend dem durchschnittlichen Niveau der Bodenfeuchtigkeit in der Umgebung von Bombay etwa 2,4 m tief eingegraben werden. Die Hochspannungs-Speisekabel, welche von den Umspannstationen Dharvi (22 kV) und Parel (6 kV) kommen, sind als papierisolierte Dreiphasenkabel in Tonröhren verlegt; die Zusammensetzung des Bodens in dem nördlichen Teil der Insel, auf der Bombay liegt, zwingt zu dieser Maßnahme. Sämtliche Abnahmestellen der Verbraucher sind durch eine Hilfsringleitung miteinander verbunden. Die Herstellung der Kabelmuffen erforderte besondere Sorgfalt; beim Arbeiten in den schwülen Kabelgräben hätten die Ausdünstungen von den Händen der Arbeiter genügt, um den Wert der Muffen zu beeinträchtigen; man hat daher diese Armaturen vorher getrocknet und dann mit einer Fettschicht versehen. Der Betrieb hat bisher gezeigt, daß diese Maßnahmen erfolgreich waren. Abschließend kann also gesagt werden, daß die Elektrotechnik heute in Indien keine Probleme vorfindet, die bei dem gegenwärtigen Stand unserer Technik nicht mit einiger Vorsicht gelöst werden könnten. Die wirtschaftliche Entwicklung des Landes ist aber bei weitem noch nicht so weit, daß ein großes Bedürfnis nach elektrischer Arbeit vorliegt; gemessen an der Einwohnerzahl von 320 Mill Menschen ist der jetzige Verbrauch noch als verschwindend gering zu bezeichnen.

Cl. Hoffschmidt.

RUNDSCHAU.

Elektromaschinenbau.

Der balancierte Einankerumformer. — Wenn beim gewöhnlichen Drehstrom-Gleichstrom-Einankerumformer die Gleichstrombelastung stoßweise ansteigt, so bleibt anfänglich der Anstieg des Wechselstromes hinter dem des Gleichstromes zurück. Infolge ihrer geringeren Streuung neutralisiert nämlich die Dämpferwicklung den Hauptteil der Stoßamperewindungen der Gleichstromseite. Diese Abweichung vom stationären Verhältnis der Gleich- und Drehstrom-Amperewindungen bewirkt, daß der Umformer im ersten Augenblick als Gleichstromgenerator arbeitet. Die dazu nötige mechanische Energie wird den rotierenden Massen entzogen, die Drehzahl sinkt vorübergehend, und die Maschine kommt ins Pendeln. Der gewöhnliche Einankerumformer ist also „unbalanciert".

Es ist nun möglich, einen „balancierten" Einankerumformer zu konstruieren, d. h. einen Umformer, der etwaige Belastungstöße rein transformatorisch auffängt, ohne daß dabei die mechanische Energie der rotierenden Massen angetastet wird, also ohne mechanische Pendelerscheinungen. Um dieses Ziel zu erreichen, muß entweder die induktive Wirkung der Gleichstrom- auf die Drehstromseite erhöht und so ein kräftigeres Ansprechen der Drehstromseite erzwungen werden, oder es muß das Verhältnis der Gleichstrom- zur Drehstromspannung künstlich erniedrigt werden. Zur Änderung des Spannungsverhältnisses ist bereits eine große Zahl von Mitteln bekannt (Spaltpolumformer, synchrone Zusatzmaschine, angekuppelte Gleichstrom-Zusatzmaschine). Der Erhöhung der Gegeninduktivität zwischen Gleich- und Drehstromseite kann u. a. eine „Balancierungswicklung" dienen, welche die Ankerrückwirkung der Gleichstromseite unter den Hauptpolen verstärkt. Überbrückt man diese Hilfswicklung durch einen induktiven Widerstand, so kann sie gleichzeitig als Dämpferwicklung benutzt werden, die bei etwaigen Änderungen der Netzfrequenz anspricht. (L. Dreyfus, Arch. El. Bd. 25, H. 2, S. 81.)

Das allgemeine Stromdiagramm der Synchronmaschine mit Berücksichtigung der Eisenverluste. — Während im genauen Kreisdiagramm der Asynchronmaschine die Eisenverluste stets in einfacher und hinreichend genauer Weise Berücksichtigung finden, wurden diese Verluste bei dem entsprechenden Stromdiagramm der Synchronmaschine bisher allgemein vernachlässigt. Diese einseitige Vernachlässigung ist aber nicht gerechtfertigt, da die Eisenverluste für beide Maschinenarten dieselbe Bedeutung haben. J. Schammel untersucht daher den Einfluß dieser Verluste auf das Diagramm der Synchronmaschine und weist nach, daß die Konstruktion und Auswertung des Stromdiagramms durch Einführung der Eisenverluste keineswegs schwieriger werden. Die mathematische Behandlung erfolgt mit Hilfe der symbolischen Rechnungsmethode und stellt die Fortsetzung einer früheren Arbeit des Verfassers[1] über das genannte Stromdiagramm dar.

Bekanntlich lassen sich die Eisenverluste bei der Aufstellung von Vektordiagrammen und Ortskurven vollkommen genau nicht berücksichtigen; es werden daher die üblichen vereinfachenden Annahmen gemacht. Dann lassen sich die Eisenverluste mit genügender Annäherung quantitativ durch Einführung eines fiktiven Wirkwiderstandes R_f in der Weise erfassen, daß diese Verluste (je Phase) gleich E^2/R_f gesetzt werden, wobei E die resultierende induzierte EMK eines Ankerwicklungstranges bedeutet. Ferner wird wieder der magnetische Widerstand der Maschine als unveränderlich, also geradlinige Magnetisierungscharakteristik, vorausgesetzt.

Wird obige Hilfsgröße R_f in die Spannungsgleichung der Synchronmaschine eingeführt und der Polrad-Verdrehungswinkel ϑ bzw. Funktion $\tau = \text{tg}\,(\vartheta/2)$ zum Parameter gewählt, so ergibt sich die Gleichung des Stromdiagamms in symbolischer Gestalt, aus der unmittelbar die Kurvenform abgelesen werden kann. Für die Synchronmaschine mit ausgeprägten Polen ist die Ortskurve des Ankerstromes bei konstanter Klemmenspannung und Erregung wieder eine Pascal-Schnecke; bei verschiedenen Erregungen besteht das Diagramm entsprechend aus einer Schar Pascalscher Schnecken mit gemeinsamem Doppelpunkt. Im Stromdiagramm der Volltrommelmaschine, welches aus den allgemeinen Gleichungen als einfacher Sonderfall hervorgeht, gehen die vorigen Kurven in eine Schar konzentrischer Kreise über.

Bei entsprechender Umformung der Gleichung der Pascalschen Schnecken erhält man die Daten für die Darstellung dieser Kurven als Kreiskonchoiden. Die hieraus folgende Konstruktion ist genau so einfach wie bei dem Stromdiagramm ohne Eisenverluste.

Von besonderer Wichtigkeit ist natürlich die Berücksichtigung der Eisenverluste bei der Bestimmung der mechanischen Leistung aus dem Diagramm. Werden die Reibungs- und Erregerverluste außer acht gelassen, so zeigt sich, daß auch bei Erfassung der Eisenverluste die Punkte gleicher mechanischer Leistung N_m auf konzentrischen Kreisen liegen, deren Mittelpunkt in die Wirkachse fällt. Die Leistung N_m kann daher in einfacher Weise dem Stromdiagramm entnommen werden. (J. Schammel, Arch. El. Bd. 25, H. 2, S. 130.)

[1] J. Schammel, Arch. El. Bd. 23, S. 237; Ref.: ETZ 1930, S. 980.

Beleuchtung.

Die Abschätzung der Blendung. — Es bestehen zwei Methoden zur Bestimmung der Blendung: die Angabe des durch eine blendende Lichtquelle verursachten Unbehagens, möglichst im Vergleich mit einer anderen Lichtquelle, und die Bestimmung der Sichtbarkeit eines Gegenstandes unter verschiedenen Blendungsbedingungen. — Das bei einer Versuchsperson auftretende Unbehagen ist bei gleicher Lichtstärke der blendenden Lichtquelle für eine nackte Lichtquelle doppelt so groß wie für eine Lichtquelle mit diffuser Oberfläche. Die Bestimmung der Verminderung des Sehvermögens durch Blendung ist fast ausschließlich abhängig von der Beleuchtungstärke am Auge; Leuchtdichte und Fläche der Lichtquelle haben wenig Einfluß. Der Vergleich der Blendungsmessungen nach beiden Methoden hat oft ergeben, daß eine Lichtquelle, die als

blendend empfunden wird, keine meßbare Verminderung des Sehvermögens auslöst. Daraus ist umgekehrt zu folgern, daß jede Blendungserscheinung, bei der eine Verminderung des Sehvermögens festgestellt wird, stets dem Auge Unbehagen verursachen wird. (M. Luckiesh, The Magazine of Light, April 1931. Ref.: Transact. Ill. Engg. Soc. Bd. 26, S. 528.) *F. Bn.*

Bahnen und Fahrzeuge.

Elektrisierung der Strecke Basel—Delsberg. — Am 1. XI. 1931 ist der elektrische Bahnbetrieb mit Einphasenwechselstrom 15 000 V auf der Strecke Basel—Delsberg (38 km) eröffnet worden. Die Fahrleitungsanlage auf dieser Strecke ist nach dem gleichen System wie diejenige der früher elektrisierten Linien erstellt worden. Immerhin wurde zwecks Verhinderung von Kurzschlüssen durch Vögel und dadurch bedingter Betriebstörungen auf der ganzen Strecke die Doppelisolation eingebaut. Auf 1,5 km ist versuchsweise die windschiefe Fahrleitungsaufhängung zur Ausführung gelangt, da diese gegenüber der bisher üblichen senkrechten Aufhängung des Fahrdrahtes in den Kurven erhebliche Einsparungen an Tragkonstruktionen ermöglicht. Die Fahrleitung besteht aus einem Kupferprofildraht von 107 mm² Querschnitt, der an einem Tragseil von 50 mm² Querschnitt aufgehängt ist. Die Masten sind, soweit nötig, derart ausgebildet worden, daß auf dieselben noch 2 Kupferseile montiert werden könnten, die zur Energieübertragung (33 kV) nach dem anläßlich der Elektrisierung der Strecke Delsberg—Delle in Delsberg zu erstellenden Unterwerk dienen sollen. Vorläufig werden diese Stränge als Hilfsleitungen mit einer Spannung von 15 kV betrieben.

Zur Speisung der Linie Basel—Delsberg (später bis Delle) wie auch des Personenbahnhofes Basel und des Verschiebebahnhofes auf dem Muttenzer Feld ist in der Nähe der Station Muttenz ein Unterwerk erstellt worden, dem die elektrische Energie in einer Spannung von 66 kV von der Verteilstation Rupperswil aus über eine zweischleifige Übertragungsleitung zugeführt wird. Diese Leitung wurde von Rupperswil über die Staffelegg bis zur Bahnlinie bei Frick auf Privatland verlegt und von dort bis nach Muttenz auf dem Bahnkörper in Verbindung mit der Fahrleitung der Linie Brugg—Basel. Sie besteht aus Eisenmasten mit einem mittleren Abstand von 125 m. Diese Masten tragen auf Stützisolatoren normalerweise 4 Kupferseile von 95 mm² und außerhalb des Bahnkörpers noch ein Erdseil aus verzinktem Eisendraht von 50 mm² Querschnitt. Von Aarau bis Frick wurde die Leitung gemeinsam mit dem Aargauischen Elektrizitätswerk gebaut. Es sind daher auf dieser Gemeinschaftstrecke neben den 4 Bahnleitern noch weitere 3 Leiter des erwähnten Elektrizitätswerkes auf das Gestänge montiert worden.

Die Anwendung von Einphasen-Wechselstrom in einer Spannung von 15 kV im Fahrdraht machte den Umbau der elektrischen Anlagen längs der Bahnlinie notwendig, insbesondere mußten die oberirdischen Telegraphen-, Telephon-, Signal- und Lichtleitungen verkabelt werden.

Die Kosten der Elektrisierung betragen:

1. Ausrüstung der Strecke	3 105 000 Fr
2. Übertragungsleitung Rupperswil—Basel	1 100 000 „
3. Unterwerk Muttenz	1 100 000 „
4. Erweiterung des Unterwerkes Rupperswil	150 000 „
5. Abschreibungen	140 000 „
Zusammen	5 595 000 Fr

Egb.

Elektrisierung der Linie Neapel—Benevento. — Im Oktober 1931 wurde die Elektrisierung der Linie Neapel—Benevento vollendet, so daß nunmehr die tunnelreiche Strecke Neapel—Foggia statt in 4 in 3½ h durchfahren wird, was sehr zum Vorteil des wirtschaftlichen Aufschlusses von Apulien ist. Die Strecke ist nur zum Teil zweigleisig und arbeitet mit Gleichstrom von 3000 V, der von den drei Unterwerken Neapel, Caserta und Telese aus Quecksilbergleichrichtern geliefert wird. Die größte Steigung beträgt 17 ‰. Auf der Linie laufen Lokomotiven der Type E. 626, deren Bauart nicht wesentlich von der Type E. 326 abweicht[1]. *Rtz.*

Bergbau und Hütte.

Angenäherte Berechnung der Verluste im Stahlgußring bei Söderberg-Elektroden. — In der norwegischen Zeitschrift „Elektroteknisk Tidskrift" sucht W. R. Blumer die Wirbelstromverluste in einem wassergekühlten Stahlgußring an einer 70 000 A-Söderberg-Elektrode zu berechnen, wie sie für Elektrostahlöfen Verwendung findet. Der Ring hat einen mittleren Durchmesser von 1530 mm, ist 170 mm breit und 280 mm hoch. Der Ring ist hohl, seine Wandstärke 25 mm. Das magnetische Feld, das die Elektrode umgibt, hat seine größte Stärke im Ring. Da der Ring massiv ist, entstehen Wirbelströme. Diese Wirbelströme trachten danach, das aufgedrückte Feld aufzuheben bzw. es in die äußere Schicht des Ringes zu drängen. Der größte Wirbelstrom wird ebenfalls auf der Oberfläche entstehen, weil er dort das ganze Feld umschließt. Infolge der Ausblasung des Feldes wird der Strom in der äußersten Schicht des Ringes auftreten. Unter der Annahme, daß durch den Ring auch 70 000 A gehen müssen, werden die Dicke der Stromschicht und dann mit Hilfe der Ringabmessungen die Verluste berechnet. Die Dicke der Stromschicht wurde zu 0,51 cm ermittelt. Bei einer Leitfähigkeit des Eisens von $K = 5$ werden die Wirbelstromverluste in der Eisenhaut berechnet zu rd. 55 kW. Um die Verluste herunterzubringen, wird vorgeschlagen, den Stahlgußring mit einer Kupferhaut aus Kupferkabel oder Kupferband zu umgeben, bemessen für 70 000 A. Also der Stahlgußring wird zu dem Kern in einem Stabwandler mit der Übersetzung 1/1 gemacht. Die Verluste sinken bei Anwendung einer Kupferhaut von 5 mm Dicke auf 4,1 kW. Das sind die Stromwärmeverluste in der Kupferwicklung. Einige geringe zusätzliche Verluste bekommt man noch durch Hysteresis. Diese könnte man theoretisch verringern durch Unterlegen von 1 ... 2 mm Dynamoblech mit hohem μ.

Es wird vorgeschlagen, bald die Kupferwicklung in der Praxis zu prüfen, um zu sehen, wie Kupfer sich in der Wärme verhält. Die Kupferwicklung läßt sich ja sehr einfach bei alten Anlagen nachträglich einbauen. Es wird auch hervorgehoben, daß derselbe Gedanke, den Ring mit Kupferwicklung zu versehen, mit Vorteil benutzt werden muß, um die Verluste in Eisenbalken zu verringern, die bei Ofenanlagen dem magnetischen Feld ausgesetzt sind. Es wird angegeben, daß die Verluste in einem Elektrodenring von derselben Größe aus Bronze ebenso groß wie in einem Stahlgußring mit Kupferwicklung sind. Bronzeringe sind aber teurer und von geringerer Festigkeit als Stahlgußringe. Der Stahlgußring mit Kupferwicklung sollte daher den Vorzug haben. (W. R. Blumer, El. Tidskr. Bd. 44, S. 1.) *Sb.*

Fernmeldetechnik.

Neuere Entwicklung von Richtempfangsanlagen. — Im ersten Teil der Arbeit wird ein aus vier Antennen bestehendes Richtempfangsystem beschrieben, das nahe der drahtlosen Versuchstation Slough (England) errichtet ist. Die vier Antennen sind nach Adcock geschaltet (Abb. 1).

A Antenne
B Ausgleichkondensator
G Goniometerspule

Abb. 1. Antennenanordnung.

Zur Beseitigung der Unsymmetrien der Luftleiteranordnung zwischen der oberen und unteren Hälfte, die unvermeidlich sind, wenn die Beobachtungen am Boden ausgeführt werden, sind Ausgleichkondensatoren in die einzelnen Erdleitungen eingefügt worden. Die Versuche haben sich auf Frequenzen 1000 ... 500 kHz (300 ... 600 m) erstreckt. Zuerst ist die neue Anordnung längere Zeit bei ungünstigen nächtlichen Peilverhältnissen mit einer Richtempfangsanlage, die einen rotierenden Rahmen benutzt, verglichen worden. In Abb. 2 sind z. B. die Peilergebnisse für den Sender Langenberg wiedergegeben. Die Überlegenheit der Adcock-Luftleiteranordnung ist einwandfrei zu erkennen. Die Wirkung der Ausgleichkondensatoren zeigt Abb. 3.

Da alle mit der Adcock-Anordnung ausgeführten Nachtpeilungen eine Mißweisung von einigen Graden zeigten, entstand die Frage, ob diese Fehler durch die Anordnung selbst hervorgerufen wurden und beseitigt werden konnten, oder ob sie auf einer wirklichen seitlichen Ablenkung beruhten. Zur Klärung dieser Frage sind Versuche mit von oben einfallenden Wellen ausgeführt worden, die ein mit einem meteorologischen Drachen emporgehobener Sender ausstrahlte. Die Versuche ergaben, daß die Fehler bei dem gewöhnlichen Rahmen größer als bei der Adcock-Anordnung und daß sie ferner von dem Polarisationsgrade der einfallenden Wellen abhängig sind.

[1] ETZ 1931, S. 1127.

In dem zweiten Teil der Arbeit werden zwei Peilgeräte für kurze Wellen (25 000 ... 5000 kHz, 12 ... 60 m) beschrieben. Das eine Gerät besteht aus einem Rahmen von 1 m² Fläche. Die Vorteile und die Brauchbarkeit dieses Gerätes für kurze Wellen beruhen hauptsächlich auf der Abschirmung und sind: vollständige Vermeidung eines Antenneneffektes, geschützte Unterbringung der Schleife in einem Metallrohr, Unempfindlichkeit des Gerätes gegen Berührungen. Das zweite Gerät ist ein tragbares Adcock-

a Rahmen *b* Adcock-System

Abb. 2. Vergleichspeilungen für den Sender Langenberg (Rheinland).

System. Die Antennenteile werden aus Aluminiumrohren von 1,5 m Länge zusammengesetzt. Mit den beiden Geräten sind Vergleichsbeobachtungen bei 18 750 ... 7500 kHz durchgeführt worden. Bei örtlichen Versuchen bis 100 m Entfernung haben beide Geräte ungefähr die gleichen Fehler von 2° ergeben. Für schräg unter verschiedenen Winkeln einfallende Wellen hat sich das Adcock-System wie bei der festaufgebauten Anordnung überlegen gezeigt.

Abb. 3. Wirkung des Ausgleichkondensators.

Der Einfluß der näheren Umgebung macht sich in Abweichungen von der wahren Richtung geltend; je näher der Richtempfänger an störende Bäume, Häuser usw. herangebracht wurde, um so größer waren die Mißweisungen. Innerhalb der Schwächungszone der kurzen Wellen sind mit beiden Geräten Peilungen mit der gleichen Genauigkeit erzielt worden; bei größeren Entfernungen hat das Adcock-Gerät geringere Fehlweisungen ergeben.

Die Ergebnisse der Untersuchung werden dahin zusammengefaßt:

1. Die veränderlichen Fehler und die flachen Minima zwischen 35 und 900 km Entfernung rühren unzweifelhaft von schräg einfallenden Wellen her.

2. Mit den beiden Geräten sind bei 24 m Wellenlänge gute Peilungen bis zu 120 km Entfernung am Tage und bis zu 60 km Entfernung in der Nacht erzielbar. Auf Entfernungen über 900 km sind die Mißweisungen mit dem Adcock-Gerät nicht größer als 5°, während der Peilrahmen wegen der flachen Minima und der Richtungsschwankungen praktisch unbrauchbar ist.

3. Das Adcock-Gerät ist bei schräg einfallenden Wellen viel weniger Fehlern unterworfen als das Rahmengerät und daher zur Peilung von Flugzeugen vom Boden aus und auf weite Entfernungen besser geeignet. (R. H. Barfield, J. Instn. elect. Engr., Lond., Bd. 68, S. 1052.) *Blr.*

Physik und theoretische Elektrotechnik.

Die Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Jahre 1930. — Im Jahre 1930 schied Prof. Dr. Göpel aus infolge Erreichung der Altersgrenze und Prof. Dr. Bothe, der einem Ruf nach Gießen folgte. Die Reichsanstalt nahm an den Sitzungen der Internationalen Elektrotechnischen Kommission in Kopenhagen, Stockholm und Oslo teil, ferner an der Tagung des Comité consultatif d'éléctricité in Paris, an der Generalkonferenz des Internationalen Kälteinstituts in Paris und an der Tagung der International Federation of National Standardization Association in Paris. — Von den Arbeiten im Berichtsjahre sollen im folgenden nur diejenigen erwähnt werden, die für die Leser der ETZ von besonderem Interesse sind, soweit sie nicht bereits in Sonderberichten behandelt wurden.

Im Kältelaboratorium wurden die Untersuchungen über Supraleitfähigkeit fortgesetzt. Beim Niobium wurde der höchste Sprungpunkt eines reinen Metalls mit 8,4° abs. festgestellt. Eine große Zahl von untersuchten Nitriden und Karbiden erwies sich als supraleitend; für Niobiumkarbid liegt der Sprungpunkt bei 10,1° abs. Kontakte von Blei gegen Blei und Zinn gegen Blei zeigten Supraleitfähigkeit ohne jede Verschweißung. Durch Untersuchung der elektrischen Leitfähigkeit im transversalen Magnetfeld wurde gezeigt, daß die Supraleitfähigkeit nicht im Verschwinden des durch Verunreinigungen und durch mechanische Deformation hervorgerufenen Restwiderstandes besteht.

Bei der elektrometrischen Messung kleiner Gleichspannungen mit Kondensatormaschine und Verstärkern wurde die Empfindlichkeit so weit gesteigert, daß $4 \cdot 10^{-5}$ V gemessen werden konnten.

Abb. 4. Frequenzmessung der Normalstimmgabel.

Das frequenzunabhängige Vibrationsgalvanometer wurde so weit vervollkommnet, daß bei 50 Hz und 7 Hz Breite des frequenzunabhängigen Gebiets eine Spannungsempfindlichkeit für Wechselstrom von 0,13 Skalenteilen Bildverbreiterung für 1 µV bei 1 m Skalenabstand, 132 Ω Galvanometerwiderstand und einem Widerstand von 190 Ω in der die Spannung liefernden Spule erreicht wurde.

Während in bezug auf das internationale Ohm die internationale Übereinstimmung der Werte dieser Einheit als genügend anzusehen ist, trifft dies für den Wert des Volt nicht zu. Daher werden die über eigene Einheiten verfügenden Staatslaboratorien im Laufe eines Jahres eine Neubestimmung der EMK des internationalen Westonelements vermittels des Silbervoltameters vornehmen.

Untersuchungen der Eisen-Kobalt-Legierungen weisen auf das Vorhandensein einer Verbindung FeCo hin, die mit zunehmender Temperatur dissoziiert und bei 800° bereits gänzlich zerfallen ist. Die dieser Verbindung entsprechende Atomverteilung ist als Träger des hohen Sättigungswertes der Legierungen anzusehen.

Zur Durchführung der neuen Frequenzskalen wurde eine Apparatur geschaffen, welche den absoluten Frequenzwert der Normalstimmgabel in kürzerer Zeit zu messen gestattet und die Unsicherheit bei der Vergleichung der Normaluhr mit dem drahtlosen Zeitzeichen verringert (Abb. 4). Als Chronograph dient ein Drehspulschnellschreiber von Siemens & Halske mit einer Papierstreifengeschwindigkeit von 300 mm/s. Durch die Drehspule fließen bei der Frequenzmessung sowohl die von der Normaluhr als auch die vom Zählwerk (Synchronmotor) der Stimmgabel kommenden Stromstöße, bei der Zeitmessung die von der Uhr und vom Koinzidenzsignal betätigten Stromstöße. Das Vorschubwerk schaltet zur bequemen Sekundenzählung jeden 60. Sekundenimpuls durch Leitungsunterbrechung aus. Das Sekundenpendel der Uhr betätigt sowohl das Vorschubwerk als auch die Drehspule des Schreibers nur über die Gitter von Steuerröhren, wodurch zu starke Belastungen der Pendel-Quecksilberkontakte und Rückwirkungen des Vorschubwerkes vermieden werden. Um die genaue Ausmessung des Chronographenstreifens zu ermöglichen, wird die Drehspule sowohl durch die Uhr als auch durch das Zählwerk der Stimmgabel mit Hilfe von Kondensatorentladungen betrieben. Dazu dienen die Ladebatterie *B*, der Kondensator *K* und der Ladewiderstand *W*. Die Apparatur ergibt in einer Meßzeit von 15 min eine Meßgenauigkeit von $0{,}5 \cdot 10^{-6}$.

Die als Frequenznormale benutzten Quarzresonatoren besitzen im Frequenzbereich von 60 kHz bis 215 kHz eine Genauigkeit und Konstanz von $5 \cdot 10^{-6}$, im

Frequenzbereich von 500 kHz ... 1000 kHz eine Konstanz von 1 ... $2 \cdot 10^{-5}$.

Zur Untersuchung von Kabelisolierölen wurde das Kabelphantom technisch so durchgebildet, daß die Untersuchungen statt wie bisher bei 80 °C bis zu Temperaturen von etwa 150 °C ausgeführt werden können. Zugleich wurde der Bereich der zulässigen Spannung von 45 kV auf etwa 60 kV erweitert.

Der Drehmomentverlauf von Drehstrommotoren in Abhängigkeit von der Drehzahl wird in der Reichsanstalt mit Hilfe eines Torsionsdynamometers mit optischer Ablesevorrichtung gemessen. Ein Vergleich mit anderen Verfahren zeigte, daß dieses Verfahren als das zur Zeit einfachste und genaueste angesehen werden muß. Zur Messung der Drehbeschleunigung von Motoren wird ein Verfahren ausgearbeitet, das eine trägheitsfreie und störungsfreie Aufzeichnung mittels piezoelektrischer Quarze ermöglicht.

Zur Aufnahme des Druckverlaufs im Zylinder eines Verbrennungsmotors wurde ein piezoelektrischer Indikator entwickelt. Die Druckmeßkammer ist aus Stahl gebaut und enthält zwei mit entgegengesetzter Polarität aufeinander gelegte Quarze, zwischen denen sich die Meßelektrode befindet. Der dünne elastische Kammerboden überträgt die zu messenden Druckkräfte über einen Druckstempel auf die Quarze. Die Kammer kann unmittelbar in eine Zündkerzenöffnung des Motors eingeschraubt werden. Die größte Empfindlichkeit beträgt 11 mm Schleifenausschlag für 1 at bei einer Eigenfrequenz der Oszillographenschleife von 2000 Hz und der Druckmeßkammer von 100 000 Hz. Der Meßbereich läßt sich durch Zuschalten eines Kondensators bis auf 1000 at (Bruchgrenze des Quarzes) vergrößern.

Die Untersuchungen über den Einfluß der chemischen Zusammensetzung und der thermischen Behandlung auf die Magnetisierbarkeit ferromagnetischer Metalle und Legierungen wurde an Ni-Fe-Co-Legierungen (Perminvar), Ni-Mn-Legierungen und Fe-Co-Legierungen fortgesetzt. Untersuchungen über die Wirkung von Kupferzusätzen zu Dynamo- und Transformatorenstahl zeigten, daß sich auch hier durch diesen Zusatz die Korrosionsbeständigkeit wesentlich erhöhen läßt, ohne daß die magnetischen Eigenschaften verschlechtert werden.

Die Frage einer Vereinheitlichung der Lichteinheit konnte noch nicht weiter gefördert werden, weil innerhalb der Vertragstaaten der internationalen Kerze noch erhebliche Unstimmigkeiten bei der Farbe der gasgefüllten Lampe bestehen. Ferner muß noch eine Einigung über die Methoden der Überbrückung des Farbensprunges erfolgen. Die Frage der Warburgschen Lichteinheit hat noch keine nennenswerten Fortschritte gemacht.

Mikrothermoelemente wurden aus Wollastondrähten und Folienstreifen von 0,0001 mm Feinheit nach einem neuartigen Legierungsverfahren ohne Lötung oder Schweißung hergestellt. Diese neuen Elemente zeigen 10fach höhere Empfindlichkeit als die Moll-Thermoelemente bei gleicher Einstellzeit bzw. fast 10fach schnellere Einstellgeschwindigkeit bei doppelter Empfindlichkeit.

Versuche über die Verwendung ultraroter Strahlung für Signalisierungsprobleme haben gezeigt, daß gerade bei sehr starken Strahlungsschwächungen durch Tauniederschlag wesentliche Vorteile mit kurzwelliger Ultrarotstrahlung zu erzielen sind. (Z. Instrum.-Kde. Bd. 51, S. 169, 225, 281.) *Br.*

Werkstoffprüfung mittels magnetischer Arbeitsverfahren. — Die magnetische Werkstoffprüfung hat den Vorteil, daß sie am fertigen Fabrikat ausgeführt werden kann, ohne eine Zerstörung oder auch nur Schädigung des Prüfstücks zu bedingen.

Mit dem Defektoskop lassen sich Risse, Lunker, Seigerungen und entkohlte Stellen durch Messung des Streuflusses feststellen. Kleine Fehler kommen um so deutlicher zu Tage, je stärker die Magnetisierung gewählt wird. Längsrisse werden am besten durch Quermagnetisierung gefunden. Mit dem Magnetoskop können aus den magnetischen Eigenschaften Rückschlüsse auf die mechanischen Kennwerte oder auf die Art der Wärmebehandlung gezogen werden. Doch muß für jeden Anwendungsfall die bestgeeignete magnetische Eigenschaft, die zweckmäßigste Feldstärke zu ihrer Messung usw. durch eingehende Versuche festgestellt werden. Meist ergibt die Verwendung von Wechselstrom die empfindlicheren Meßverfahren. Häufig ist der Hysteresisverlust ein Maß für die Güte des Werkstoffs.

Beide Apparate, Defektoskop und Magnetoskop, erfordern für jedes Anwendungsgebiet eine besondere, oft kostspielige Anordnung, weshalb die magnetische Werkstoffprüfung noch wenig Eingang in die Praxis gefunden hat.

Apparate zur Fehlerbestimmung an langgestreckten Proben, wie Eisenbahnschienen, Drahtseilen und Rohren, sowie solche für Wälzlagerringe werden näher besprochen. Interessante Zusammenhänge zwischen Blockform, Streckverfahren und der Bildung von Rissen und Fehlerstellen werden aufgezeigt. (E. Gerold, St. u. E. Bd. 51, S. 428.) *Krz.*

Werkstatt und Baustoffe.

Neues Permalloy. — Es wird berichtet, daß das bekannte Permalloy A (78,5 % Ni, 21,5 % Fe) durch eine andere Legierung „Permalloy C" genannt, ersetzt worden ist, die sie in jeder Hinsicht, mit Ausnahme der maximalen Liniendichte, übertrifft, vor allem hinsichtlich des spezifischen Widerstandes und der Empfindsamkeit auf mechanische Mißhandlung. An Blechringen mit 77/50 mm Dmr. und 0,35 mm Dicke wurden folgende Werte gemessen:

	Eisen	hochlegiertes Blech	Permalloy C
μ_0 bei 200 Hz	250	400	6 000
μ_{max}	5 000	6 500	100 000
magnetisier. Kraft bei μ_{max}	1,2	0,75	0,035
Liniendichte bei μ_{max}	6 000	4 900	8 500
Remanenz	20 000	16 000	9 000
Koerzitivkraft	0,8	0,6	0,035
spezifischer Widerstand	0,10	0,55	0,55

Die thermische Behandlung erfolgt in einem einzigen Glühprozeß. Angaben über die chemische Zusammensetzung werden nicht gemacht.

Als wesentlichste Anwendungen werden genannt: Stromwandler (im besonderen Stabwandler), Hochfrequenz-Transformatoren, Kerne für Dreheiseninstrumente, Schirmbleche für den Schutz von Elektrodynamometern gegen Fremdfelder und hochempfindliche Relais. Das Material ist der International Standard Electrical Corporation geschützt. In einer Zuschrift weist H. J. Garnett von der British Gutta Percha Co. darauf hin, daß das sog. Mumetall (75 % Ni, 5 % Cu, 2 % Cr, 18 % Fe) praktisch dieselben Eigenschaften hat und mit bestem Erfolg schon seit längerer Zeit verwendet wird. Insbesondere ist der in dem Aufsatz über Permalloy C erwähnte Präzisions-Stromwandler mit Nickeleisenkern, eine Spezialtype mit nur 0,01 % Stromfehler und 1 ... 2 min Fehlwinkel, aus Mumetall hergestellt worden und beim British National Physical Laboratory in Verwendung. (The Electrician Bd. 104, S. 330 u. 438.) *Kth.*

Verschiedenes.

Arnold-Stiftung[1]. — Die Zinsen des Stiftungskapitals sind bestimmt zur Ermöglichung oder Förderung von Studien und Forschungsarbeiten am Elektrotechnischen Institut der Technischen Hochschule in Karlsruhe. Nach mehrjähriger Pause können in diesem Jahr zum erstenmal wieder Unterstützungen bewilligt werden.

Die Unterstützungen dienen zur Bestreitung von Unkosten und zur Beschaffung von Einrichtungen und Instrumenten, die über den Rahmen dessen hinausgehen, was seitens des Instituts für Sonderarbeiten zur Verfügung gestellt werden kann, und werden als Beihilfe gewährt für diejenigen, die auf Anregung von industrieller oder wissenschaftlicher Seite Arbeiten von allgemeinem Interesse auszuführen bereit sind.

Unterstützung kann jedem gewährt werden, der die Befähigung zu selbständigem Arbeiten besitzt.

Gesuche um Gewährung einer Unterstützung sind dem Vorsitzenden des Kuratoriums, Herrn Professor Dr. Richter, Direktor des Elektrotechnischen Instituts der Technischen Hochschule Karlsruhe, mit einem Arbeitsplan und einer Erläuterung über die Verwendung der beantragten Unterstützungsumme schriftlich spätestens bis zum 1. II. 1932 einzureichen.

Der Vorsitzende des Kuratoriums:
R. Richter.

Elektrotechnische Neuerungen. Die in der ersten Märzwoche 1932 im Hause der Elektrotechnik zu Leipzig stattfindende Frühjahrsausstellung wird wieder

[1] Vgl. ETZ 1920, S. 963.

eine Fülle von Neuerungen der elektrotechnischen Industrie aufweisen. Wer über seine Neuerungen noch nichts veröffentlicht hat, tut gut, einen kleinen Originalbericht mit Abbildungen für das Frühjahrsmesseheft der ETZ bis spätestens 25. I. 1932 an die „Schriftleitung der ETZ“, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33 II, zu senden. Nach dem 1. Februar 1932 können Einsendungen nicht mehr berücksichtigt werden.

Energiewirtschaft.

Die Wirtschaftlichkeit von Höchstspannungsleitungen und ihr Einfluß auf die Lastverteilung in der Großenergieversorgung. — Die Kosten einer Höchstspannungsübertragung setzen sich aus folgenden Gliedern zusammen:

1. Feste Ausgaben für die Übertragungsleitung (Kapitaldienst und Unterhalt),
2. Feste Ausgaben für die Auf- und Abspannung,
3. Kosten der Vergrößerung des Kraftwerkes um die Verlustleistung bei Übertragung der Höchstlast,
4. Kosten der reinen Leitungsverluste in Kilowattstunden,
5. Kosten der Auf- und Abspannverluste,
6. Feste Ausgaben für die Blindstromerzeugung;
7. Aufwand für die Verluste bei der Blindstromerzeugung.

Nimmt man einen Leitungsstrang als Glied eines Höchstspannungssystems an, welcher ein oder mehrere Kraftwerke mit einem Konsumschwerpunkt verbindet und über dessen Länge die Blindstromerzeuger verteilt angeordnet sind, so lassen sich für die Übertragungskosten je kW und Jahr einfache Formeln aufstellen, mit deren Hilfe die Wirtschaftlichkeit von Höchstspannungsleitungen und auch der Belastungsplan auf allgemeiner Grundlage untersucht werden kann.

Die Berechnungen wurden für 200 kV-Leitungen mit 6 · 200 mm² Querschnitt und 300, 600 bzw. 1000 km Länge sowie für 380 kV-Leitungen mit 6 · 400 m² Querschnitt und 600, 1000 und 1500 km Länge durchgeführt. Zunächst wurde der Blindleistungsbedarf festgestellt, wobei die Annahme gemacht wurde, daß die Spannung am Anfang und Ende der Leitung bei allen Belastungen ungefähr auf gleichem Wert gehalten werden soll. Ist der Leistungsfaktor im Konsumschwerpunkt kleiner als 1, so ergeben sich die niedrigsten Kosten, wenn im Verbrauchschwerpunkt auf $\cos\varphi = 1$ kompensiert, also die Leistung am Leitungsende bei einem Leistungsfaktor von 1 abgenommen wird.

Für die Kostenberechnung wurde angenommen, daß unterhalb der natürlichen Leistung der Ausgleich längs der Leitung durch Drosselspulen, oberhalb durch asynchrone Blindleistungserzeuger geschieht.

Aus den aufgestellten Kostenkurven ergibt sich eine Reihe von Folgerungen. Zunächst erkennt man, daß bei allen untersuchten Fällen das Optimum bei einer wesentlich größeren Übertragungsleistung als die sogen. natürliche Leistung der Leitung liegt. Nur bei der 1500 km langen 380 kV-Leitung fällt mit Rücksicht auf den großen Kostenunterschied zwischen Drosselspulen und Blindleistungsmaschinen die wirtschaftliche Leistung mit der natürlichen zusammen. Die Höhe der Übertragungskosten liegt im Bereich von etwa 20 bis 60 RM/kW und Jahr. Dabei ist bemerkenswert, daß die direkten Verlustkosten gegenüber den anderen Kostenelementen zurücktreten, so daß sich die Übertragungskosten in der Hauptsache auf die Leistungsgebühr auswirken. Bei kleinen Belastungen nehmen die Übertragungskosten rasch zu. Um diese in tragbaren Grenzen zu halten, muß die Leitung gleich eine genügend hohe Anfangsbelastung bekommen.

Mit Hilfe der Kostenkurven wird noch gezeigt, daß eine Lastverteilung auf Nahwerk und Fernwerk auch dann die wirtschaftliche Lösung ist, wenn die maximale Leitungsbelastung noch unterhalb des Optimums liegt und das Nahwerk unwirtschaftlicher arbeitet als das Fernwerk, d. h. für einen bestimmten Verlauf des Jahresbelastungsdiagrammes ergibt sich auch bei überdimensionierter Leitung eine wirtschaftlichste Aufteilung von Grund- und Spitzenlast zwischen Nahwerk und Fernwerk. (L. Musil, El. u. Maschinenb. Bd. 49 [1931], S. 516.)

Mehrfachtarif des Elektrizitätswerks Neuenburg (Schweiz). — Beim Elektrizitätswerk Neuenburg ist seit etwa zehn Jahren ein Mehrfachtarif (Vierfachtarif) in Gebrauch, der vier verschiedene Preise, nämlich: 6, 14, 40 und 70 Rap/kWh vorsieht und nach Abb. 5 aufgebaut ist[1]. Interesse beansprucht die Art der Tarifumschaltung. Während man i. a. Zähler mit einer entsprechenden Zahl von Zählwerken verwendet, hat man in Neuenburg einen Weg beschritten, der die Weiterverwendung der vorhandenen Zähler mit einem Zählwerk gestattet. Man läßt nur beim höchsten Tarif (70 Rap) die Spannungsspule dauernd eingeschaltet, während bei den anderen Stufen die Spannung jeweils für eine bestimmte Zeit unterbrochen wird. Innerhalb eines Zeitraums von 2 min (120 s) ist die Spannungsspule nach folgendem Plan eingeschaltet:

Tarifzeit	eingeschaltet s	Tarifzeit	eingeschaltet s
Nacht	10,3	Tag	24,0
Morgen . . .	68,6	Abend . . .	120,0

Diese Intervalle entsprechen den oben angegebenen Tarifstufen. Der Zähler zählt also nicht die Zahl der tatsächlich verbrauchten Kilowattstunden, sondern gibt eine je nach der Zeit des Verbrauchs entsprechend kleinere Größe an[1].

Abb. 5. Schaltzeiten des Vierfachtarifs des Elektrizitätswerks Neuenburg. Die Zahlen bezeichnen die Strompreise in Rap/kWh.

Die Schaltung erfolgt für alle Zähler eines Hauses oder einer Straße von einer Uhr aus. Hierzu wird von der Schaltuhr zu allen Zählern ein Schaltdraht geführt, der in Wechselstromanlagen von einer Phase, in Drehstromanlagen vom Nulleiter gespeist wird. Diese Methode vermindert bei den hohen Anschaffungs- und Unterhaltungskosten der Schaltuhren die Ausgaben wesentlich. Der Tarif, der u. a. auch in Lausanne und Nyon angewandt wird, hat sich gut bewährt (L. Martenet, Elektrizitätsverw. Bd. 6, [1931] S. 10.) *Nsl.*

Die neuen Tarife der BEWAG. — **Der Aufsichtsrat der Berliner Städtischen Elektrizitätswerke (BEWAG) und der Berliner Kraft- und Licht-AG. (BKL) hat am 2. XII. folgende Tarifänderungen beschlossen:**

Der Strompreis für Wärmespeicherung und Akkumulatorenladung während der Nacht (Tarif III) wird für die ersten 300 kWh monatlich von 6 auf 5 Pf/kWh, für den Mehrverbrauch auf 4 Pf/kWh herabgesetzt. Für die Vorhaltung der Meßeinrichtung wird einheitlich 1 RM/Monat (bisher 1 oder 2 RM) erhoben. Der Tarif wird jetzt auch für Kirchen- und Garagenheizung usw. eingeräumt.

Die Art der Grundgebührenermittlung bei dem Kleingewerbe-Krafttarif (Tarif IV) wird derart geändert, daß sich eine Senkung der Grundgebühr um etwa 20 % im Mittel ergibt. Gleichzeitig werden die Arbeitspreise, die bisher je nach dem monatlichen Stromverbrauch zwischen 18 und 12 Pf/kWh betrugen, bei größerem Verbrauch auf 11 und 10 Pf heruntergestaffelt.

Für spitzenfreien Reklamestrom, d. h. solche Anlagen, die in den Monaten November bis Februar von 16 bis 20 Uhr automatisch vom Netz abgeschaltet werden, wird künftig ein Strompreis von 12 Pf/kWh ohne Grundgebühr (Tarif VI) und für die Vorhaltung der Meßeinrichtung monatlich 1 RM berechnet.

Ein neuer Tarif VII wird für Reserveanschlüsse und solche Anlagen eingeführt, die einen Teil ihres Strombedarfs selbst erzeugen oder von dritter Seite beziehen. Der Arbeitspreis beträgt, wie bei dem allgemeinen Grundgebührentarif der BEWAG 20 Pf/kWh. Die Grundgebühr ist naturgemäß höher, u. zw. gegenüber 3,50 RM/kW bei anderen Anlagen 10 RM/kW monatlich, wobei jedes angefangene Kilowatt voll gerechnet wird. Zum Anschluß derartiger Anlagen ist die BEWAG jedoch nicht verpflichtet.

Für elektrisches Kochen wird bei einem Mindestverbrauch von 100 kWh innerhalb von drei aufeinanderfolgenden Monaten ein Sonderstrompreis von 10 Pf

[1] Die Ausdehnung des Abendtarifs bis 24 h dürfte besonders im Sommer nicht unbedingt notwendig sein und ist z. B. auch mit Rücksicht auf die achtstündige Ladezeit von Heißwasserspeichern unzweckmäßig.

[1] Diese Meßmethode ist in Deutschland nicht zulässig und hat auch den Nachteil, daß sich die Zahl der verkauften Kilowattstunden nicht feststellen läßt.

je 1 kWh ohne jede Nebenkosten eingeräumt. Zur Einführung des ursprünglich in Aussicht genommenen neuen Haushalttarifs, d. h. zu einer völligen Tarifumgestaltung, konnte man sich im Hinblick auf die noch nicht zu übersehende künftige Entwicklung des Stromabsatzes im Haushalt vorläufig nicht entschließen. Der neue Kochtarif dürfte aber in Verbindung mit dem verbilligten Speichertarif zunächst den Ansprüchen der Abnehmer genügen. Man wird hier die Entwicklung des Absatzes laufend beobachten und die Untersuchungen, über die im Jahrbuch der Verkehrs-Direktion der BEWAG 1930, S. 75[1], berichtet wurde, weiterführen.

Von den andern Tarifneuerungen wird, abgesehen von dem Nachttarif (Tarif III), durch den das Heißwasserspeichergeschäft belebt werden wird, die Verbilligung des Kleingewerbe-Krafttarifs (Tarif IV) von Bedeutung sein. Die Tarife VI und VII haben nur ein beschränktes Anwendungsgebiet. Nissel.

[1] Veröffentlichungen der BEWAG, Reihe 2, Bd. 11.

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33 II, Fernspr.: C 4 Wilhelm 8885 u. 8886 zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Voranzeige.

Veranstaltung eines Gesellschaftsabends am Freitag, dem 8. Januar 1932.

Der Elektrotechnische Verein veranstaltet am Freitag, dem 8. Januar 1932, im Marmorsaal (mit Bankettsaal, Wintergarten und Roter Veranda) des Zoologischen Gartens einen Gesellschaftsabend, zu dem die Mitglieder des Elektrotechnischen Vereins mit ihren Angehörigen und eingeführten Gästen bereits jetzt freundlichst eingeladen werden. Genauere Mitteilung folgt in der nächsten Nummer der ETZ und durch besondere Einladungen.

Erscheinen des III. Bandes der „Geschichtlichen Einzeldarstellungen aus der Elektrotechnik".

Im Interesse der wissenschaftlichen Forschung und zur Förderung der Weiterbildung der Fachgenossen gibt der Elektrotechnische Verein seit einiger Zeit eine Sammlung „Geschichtliche Einzeldarstellungen aus der Elektrotechnik" heraus. Den bereits erschienenen zwei Bänden folgt jetzt der dritte, der folgende Aufsätze enthält:

a) Dr.-Ing. W. Weicker: „Zur Geschichte des Freileitungs-Isolators".
b) Dr.-Ing. e. h. G. Fischinger: „Die Entstehungsgeschichte der ersten 100 kV-Anlage in Europa (in Lauchhammer)".
c) P. Poschenrieder: „Erinnerungen aus der Werdezeit der Elektrotechnik".

Der Verfasser des ersten Aufsatzes behandelt nach einem kurzen Hinweis auf die Entwicklung der Schwachstrom-Isolatoren die in den ersten Kraftübertragungsanlagen verwendeten Öl-Isolatoren verschiedener Form und die damit gemachten Erfahrungen. Weiter wird die Entwicklung der Hochspannungs-Stützen-Isolatoren sowie deren mannigfache äußere Form und innere Durchbildung geschildert. Den Hauptteil der Arbeit bildet die Beschreibung der Hänge-Isolatoren, wobei die Übergangsformen vom Stützen- zum Hänge-Isolator und die Entstehungsgeschichte der ersten eigentlichen Hänge-Isolatoren (Hewlett-Isolatoren) aus dem Jahre 1907 in Amerika besonderes Interesse erwecken dürften. Anschließend werden die Kappen-Isolatoren von ihren ersten Anfängen bis zu ihrer heutigen Form besprochen. Als dritte Form von Ketten-Isolatoren wird schließlich der Doppelkappen- oder Vollkern-Isolator behandelt, dessen Entwicklungsgeschichte aus den ersten, für Zwecke der drahtlosen Telegraphie dienenden Knüppel-Isolatoren manche vielleicht weniger bekannte Gesichtspunkte enthält.

Dr. Weicker, einer der gründlichsten Kenner auf diesem Gebiete, hat seit Jahrzehnten mit hervorragendem Fleiß und Interesse die Unterlagen gesammelt und ist dabei von befreundeten Herren, auch im Auslande, weitgehend unterstützt worden. Unter ausgiebiger Berücksichtigung auch der ausländischen Verhältnisse meistert der Verfasser den Stoff auf 66 Seiten mit 139 Abbildungen in gedrängter, fesselnder Form.

Die Arbeit des inzwischen verstorbenen Dr.-Ing. E. h. Fischinger schildert in lebendiger Weise die Entstehung der ersten 100 kV-Anlage in Europa (in Lauchhammer) und weckt die Erinnerung an jenes in Deutschland damals aufsehenerregende Ereignis.

Im 3. Aufsatz erzählt Poschenrieder, der frühere Leiter der Bahnabteilung der Siemens-Schuckertwerke in Wien, in anmutiger Weise Erlebnisse aus seiner beruflichen Tätigkeit.

Das Buch stellt ein nettes, preiswertes Weihnachtsgeschenk dar.

Für die Mitglieder des Elektrotechnischen Vereins und der dem Verbande Deutscher Elektrotechniker angeschlossenen Vereine kostet das Exemplar auf dem Subskriptionswege

broschiert für das Inland: 5,— RM, gebunden 5,50 RM,
„ „ „ Ausland: 5,20 „ , „ 5,70 „
einschließlich Porto und Verpackung.

Wir bitten, die Bestellungen an die Geschäftstelle des Elektrotechnischen Vereins, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 II, zu richten.

Elektrotechnischer Verein.
Der Generalsekretär:
Dr. Schmidt.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 II
Fernspr.: C 4 Wilhelm 8864 ... 68
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Aufruf.

Die geistige und seelische Not der Facharbeiter, besonders der jüngeren und der eben erst ausgelernten, ist riesengroß. Ihnen fehlt der Zusammenhang mit ihrem Beruf, denn der Facharbeiter verwächst mit seiner Arbeit eigentlich erst nach der Lehrzeit, wenn ihn die Praxis durch andere Werkstätten führt, und er unter eigener Verantwortung arbeiten und sich weiterbilden muß.

70 000 gelernte Fachkräfte der Metallindustrie Berlins sind erwerbslos. Durch jahrelange Arbeitslosigkeit verlieren sie nicht nur die Übung im Handwerklichen, ihnen werden auch die neuen technischen Fortschritte nicht vermittelt. Um dem abzuhelfen, hat sich unter Führung der Reichsanstalt für Arbeitsvermittlung und Arbeitslosenversicherung, des Landesarbeitsamtes Brandenburg und des Arbeitsamtes Berlin-Mitte sowie des Verbandes Berliner Metallindustrieller und des Deutschen Verbandes Technisch-Wissenschaftlicher Vereine und zahlreicher ihm angeschlossener Vereine eine

Vortragstelle für Metallarbeiter,
Berlin,

gebildet, deren Geschäftsführung der Ingenieurdienst E. V. der technisch-wissenschaftlichen Vereine in dankenswerter Weise ehrenamtlich übernommen hat. Die Arbeiten hierfür werden stellungslose junge Ingenieure erledigen.

Wir richten an die Firmen der Maschinen- und Metallindustrie, z. B. Werkzeugmaschinenfabriken, Kraftfahrzeugfabriken, Elektrizitätsindustrie usw., die Bitte, der Vortragstelle Vortragende zu benennen, Material, wie Lichtbilder, Modelle usw. zur Verfügung zu stellen und Vortragsäle kostenlos zu überlassen.

Alle Ingenieure, die technischen Lehrkräfte der Hochschulen, der Maschinenbauschulen, der Werkschulen und

Bekanntmachungen.

Kommission für Maschinen und Transformatoren.

Die zu dem in ETZ 1931, Seite 711, veröffentlichten Entwurf der

Regeln für den Anschluß von Motoren an öffentliche Elektrizitätswerke R.A.M.

eingegangenen Einsprüche waren so verschieden, daß eine einheitliche Linie und eine Kompromißlösung nicht gefunden werden konnten. Die Unterkommission für Anschlußbedingungen sah sich deshalb außerstande, eine entsprechende Neuformulierung der beabsichtigten Bestimmungen zu finden, und hat beschlossen, das seit 1. Juli 1930 vorhandene Vakuum in den diesbezüglichen VDE-Bestimmungen weiter bestehen zu lassen.

Die wesentlichen Bestimmungen der §§ 10 und 11 des vorgenannten Entwurfes werden dafür in die von der Vereinigung der Elektrizitätswerke demnächst herauszugebenden allgemeinen Anschlußbedingungen übernommen werden, zu denen auch gleichzeitig weitergehende Erläuterungen erscheinen sollen.

Der Vorstand hat dem diesbezüglichen Antrag in seiner am 8. Dezember 1931 abgehaltenen Sitzung zugestimmt, so daß hierdurch die von der Beschlußfassung gelegentlich der letzten Jahresversammlung zurückgestellten und zur Verabschiedung durch den Vorstand noch vor dem 1. Januar 1932 in Aussicht genommenen „Regeln für den Anschluß von Motoren an öffentliche Elektrizitätswerke R.A.M." als zurückgenommen gelten.

Kommission für Bahnwesen.

Die bei dem Zentralverband der deutschen elektrotechnischen Industrie mit Normungsarbeiten des Bahnwesens beschäftigte Normgruppe „Bahnen" hat folgende Normblattentwürfe aufgestellt:

DIN VDE 3340 Kabelschuhe gepreßt
DIN VDE 3341 Kabelschuhe aus Rohr,
DIN VDE 3342 Fahnenkabelschuhe für Seitenanschluß
DIN VDE 3343 Fahnenkabelschuhe für Längsanschluß.

Die Entwürfe wurden in der Zeitschrift „Die Verkehrstechnik" Heft 50, vom 15. Dezember 1931 mit einer Einspruchsfrist bis zum 31. Januar 1932 veröffentlicht.

Einsprüche gegen diese Entwürfe sind in doppelter Ausfertigung an die Geschäftstelle des VDE zu richten.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

auch der Gewerbeschulen werden gebeten, sich freiwillig für solche Vorträge zu melden. Jüngeren, auch stellungslosen, Ingenieuren soll nach einer gewissen Vorbereitung Gelegenheit gegeben werden, Vorträge über bestimmte Fachgebiete zu halten, z. B. über Werkstoffprüfung, Kraftmaschinenbau, einzelne Gebiete der Elektrotechnik usw. Die Vortragsveranstaltungen sollen in der Zeit von 14 bis 16 Uhr in den verschiedenen Gegenden Berlins in Sälen stattfinden, die die Vortragstelle kostenlos zu erhalten bemüht sein wird.

Die beteiligten Behörden, Vereine und Verbände hoffen, daß sich genügend Fachgenossen freiwillig melden werden, um auf den ihnen besonders naheliegenden Gebieten einen oder mehrere Vorträge zu übernehmen. Viele Vorträge werden in den verschiedenen Bezirken Berlins wiederholt werden können, so daß sich die einmalige Mühe der Durcharbeitung wirklich lohnt. Die Verbände werden den Vortragenden bei der Beschaffung von Unterlagen, Mustern, Modellen, Zeichnungen, Bildern usw. behilflich sein.

Geldmittel stehen leider nicht zur Verfügung; es handelt sich hier um einen freiwilligen Dienst. Bedürftigen und stellungslosen Kollegen können die baren Auslagen ersetzt werden.

Herren, die Vorträge übernehmen wollen, werden gebeten, sich beim Ingenieurdienst E. V., Abt. ID-V, Ingenieurhaus, Berlin, unter gleichzeitiger Benachrichtigung an uns zu melden. Es sollen nur Vorträge gehalten werden, die den Mann der Praxis interessieren und die in seiner Sprache gesprochen werden.

VDE-Fachberichte 1931.

Die „VDE-Fachberichte 1931" der XXXV. Jahresversammlung in Frankfurt a. M. sind soeben erschienen. Der Inhalt des Heftes gibt die während der Elektrotagung am 22. und 23. Juni 1931 in der Handelskammer zu Frankfurt a. M. gehaltenen Fachberichte über das Hauptthema „Elektrische Kraftübertragung auf weite Entfernung" nebst den anschließenden Besprechungen wieder. Das Heft umfaßt 184 Seiten im Format DIN A 4 und enthält etwa 330 Abbildungen sowie rd. 20 Tabellen. Die Preise sind:

Für Mitglieder	geheftet . . .	RM 9,—
„ „	gebunden . .	„ 10,50
für Nichtmitgl.	geheftet . . .	„ 12,—
„ „	gebunden . .	„ 14,—
Versandkosten extra		„ 0,50.

Bestellungen erbitten wir umgehend an den Verband Deutscher Elektrotechniker, Verlagsabteilung, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33. Der Versand erfolgt sofort.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

SITZUNGSKALENDER.

Berliner Bezirksverein deutscher Ingenieure (gemeinsam mit dem Außeninstitut der T. H. Berlin). Vortragsreihe Prof. Rachel, Dipl.-Ing. Hilgers, Dipl.-Ing. M. Tama, Dr.-Ing. J. E. Noeggerath, „Ausgleich und Speicherung von Energie in ihrer Bedeutung für die Kraftwirtschaft". 7. u. 21. I. und 4. II. 1932, abds. 6½ bis 8 h, Hörsaal Erweiterungsbau 301 der T. H., 5 Doppelstunden 5 RM.

Haus der Technik e. V. Essen. — 8. I. 1932, abds. 7 bis 9 h, Haus der Technik, Rathenaustraße: Lichtbildervortrag Bergass. F. W. Wedding, „Die Technik des Untertagebetriebes im Ruhrbergbau in den letzten Jahren".

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

H. Buschbaum †. — Am 27. XI. d. J. starb an einem Schlaganfall im Alter von 62 Jahren der Regierungsbaumeister a. D. Hermann Buschbaum. Er hatte das Realgymnasium und die Technische Hochschule in seiner Vaterstadt Darmstadt besucht, wo er Eisenbahnmaschinenbau studierte und später die Baumeisterprüfung ablegte. Im Jahre 1895 trat er in die Bahnabteilung der Firma Siemens & Halske ein, war seitdem in mehreren Straßenbahnbetrieben tätig und übernahm im Jahre 1899 außerdem die Geschäfte des Vorstandes der Berliner elektrischen Straßenbahn AG. 1907 wurde er von der Vereinigten Erdstromkommission des Deutschen Vereins von Gas- und Wasser-Fachmännern, des Verbandes Deutscher Elektrotechniker und des Vereins Deutscher Straßen- und Kleinbahnverwaltungen mit der Anstellung von Untersuchungen über Erdströme zusammen mit Herrn Besig beauftragt. Auf diesem Gebiet war Buschbaum auch weiterhin tätig, als er sich später selbständig machte. Er hat in der Erdstromkommission, deren Vorsitzender er 5 Jahre lang war, sein reiches Wissen und seine Erfahrungen in den Dienst des VDE gestellt. Dem Verstorbenen sollen seine Verdienste um den Ausbau der Erdstromvorschriften nicht vergessen werden. *Ka*

W. Kettner †. — Am 4. XII. 1931 starb in Stettin im Alter von 59 Jahren Wilhelm Kettner, der Generaldirektor der Überlandzentrale Pommern AG.

Kettner wurde in Magdeburg geboren und trat nach seinem Studium bei der Firma Fleischhauer, Generalvertretung von S & H, ein. Nach einigen Jahren ging er zum Stammhaus von S & H über und übernahm im Jahre 1901 die Einrichtung des Siemensbüros in Stettin, das sich

unter seiner Leitung außerordentlich entwickelte. Am 1. IV. 1910 trat Kettner als Oberingenieur in die Dienste des Provinzialverbandes der Provinz Pommern, um für diesen die Projektierung und Überwachung des Baues und des Betriebes von elektrischen Überlandzentralen zur Versorgung der Provinz mit elektrischer Energie durchzuführen. Mit weitschauendem Blick organisierte Kettner den Bau zahlreicher Kraftwerke und schuf ein engmaschiges Verteilungsnetz. Während des Krieges leitete er als Pionieroffizier ein Starkstromkommando im Osten. Nach Friedensschluß widmete er sich ganz besonders den wirtschaftlichen Fragen, die für eine Gesellschaft in dem Umfange der Überlandzentrale Pommern von wesentlicher Bedeutung waren. Die sich ihm entgegenstellenden Aufgaben brachte Kettner meist instinktiv zu einer richtigen Lösung, für deren restlose Durchführung er sich mit seiner hervorragenden Entschlußkraft impulsiv einsetzte.

Kettners ausgezeichnete menschliche Eigenschaften gewannen ihm die Wertschätzung aller seiner Mitarbeiter. Sein gerader, offener Charakter, sein gütiges Verständnis für alle seine Untergebenen, seine ständige Hilfsbereitschaft werden ihm bei allen, die ihn kannten, eine dauernde, ehrenvolle Erinnerung schaffen.

Hochschulnachrichten. — Dr. phil. Walter Fuchs, Berlin, wurde zum 1. IV. 1932 als ordentlicher Professor auf den Lehrstuhl für technische Chemie der T. H. Aachen berufen.

BRIEFE AN DIE SCHRIFTLEITUNG.

(Der Abdruck eingehender Briefe erfolgt nach dem Ermessen der Schriftleitung und ohne deren Verbindlichkeit.)

Kabelsuchgeräte.

Die in der ETZ 1931, S. 1283, beschriebene Methode zum Auffinden von Kabeln mittels Erregung durch sog. tönenden Wechselstrom und Abhörung mittels aperiodischen Kreises o. dgl. ist von mir bereits vor dem Kriege aufgefunden und in der damals von mir herausgegebenen Zeitschrift für technische Physik[1] 1913, S. 21 u. 22 sowie S. 32 ... 34, dann 1914, S. 13 ... 16 und S. 23 bis 28 ausführlich beschrieben worden. Eine weitere Darstellung findet sich in Telegraphen- und Fernsprechtechnik 1915, S. 205 u. 206, sowie in Weltall 1915, S. 224. Schutzrechte sind von mir 1913 und 1914 unter T. 19 099 VIII/74 b sowie T. 19 746 VIII/21 g angemeldet worden, wovon das eine als Geheimpatent während des Krieges noch erteilt wurde. Später habe ich weitere Veröffentlichungen vorgenommen. Das Verfahren diente schon während des Krieges dazu, Sprengleitungen zu Brücken sowie Sprengkästen usw. aufzusuchen, ebenso eingegrabene oder eingemauerte Geheimleitungen, Antennen usw. Die Empfindlichkeit war so groß (ohne Verstärker), daß z. B. eine Klingelleitung unter der Wand genau im Lauf verfolgt werden konnte. Es gelang sogar, einzelne unter der Tapete befindliche Nägel o. dgl. sofort zu finden.

Eine ausgedehnte Anwendung fand die Methode im Kriege zum Aufsuchen von Blindgängern (Granaten-Wünschelrute). Auch konnten damit versenkte Kanonen in Rußland aufgesucht werden. Es ist ohne weiteres möglich, damit gerissene Seekabel usw. wiederzufinden. Die Umkehrung des Verfahrens, die auch von mir bereits 1913 in Kiel der Torpedo-Versuchs-Inspektion anläßlich einer weiteren Erfindung (Torpedo-Zielschießen) vorgeführt wurde, ist das Hereinlotsen von Schiffen auf einem nach der „funkenlosen Schwingungsmethode", wie diese Methode von mir damals genannt wurde (im Gegensatz zu den sonstigen mit Funken arbeitenden Schwingungserregern), erregten Kabel. Die Nebellandung von Flugzeugen mit Hilfe von solchen Kabeln schlug ich schon vor dem Kriege damals GRADE in Bork vor, mit dem ich in Verbindung stand, doch kamen die geplanten Versuche, ebenso wie einige andere, nicht mehr zur Durchführung.

Später hat die Radio-Apparate-Gesellschaft m. b. H., Berlin—Düren, deren Inhaber und Leiter ich 1918 wurde, diese Methode erneut auf Ersuchen verschiedener polizeilicher Dienststellen aufgenommen und verbessert, so daß mit solchen Kabel- und Metall-Suchgeräten der Polizei verschiedentlich wertvolle Dienste geleistet werden konnten. Diese Geräte sind bis in die Letztzeit von der genannten Gesellschaft hergestellt und vertrieben worden.

Eine grundlegende Neuerung scheinen daher die letzthin in der ETZ beschriebenen Geräte nicht zu bringen, sondern decken sich im Prinzip ganz offenbar mit meinen Veröffentlichungen und Patentanmeldungen aus der Zeit vor dem Kriege.

Berlin, 11. X. 1931. B. Thieme.

[1] Die heutige Zeitschrift für technische Physik, Organ der Deutschen Gesellschaft für technische Physik, erschien erstmals 1919. D. S.

Erwiderung.

Die von Herrn THIEME gemachten Literaturangaben sind, soweit es sich um die ehemalige Zeitschrift für technische Physik handelt, schwer nachzuprüfen, da die angegebenen Seitenzahlen in den sechs 1913 und 1914 überhaupt erschienenen Nummern der Zeitschrift nicht vorhanden sind; die Zeitschrift ist nach diesen sechs Nummern anscheinend erloschen. Lediglich im H. 5 vom 1. VI. 1914 finde ich einen Artikel „Telegraphie in Bergwerken und Auffindung von Eisen und Kohlelagern", in dem unter „Auffinden von Seekabeln und gesunkenen Eisengegenständen nach der funkenlosen Methode" zwar in einem Satz auf die Auffindung gerissener Seekabel nach der „funkenlosen Methode" kurz hingewiesen, in weiteren Ausführungen aber der Methode größere Bedeutung zugeschrieben wird zur Auffindung von Schiffen, Torpedos usw. aus Metall. Hierbei ist nach dem Inhalt des Aufsatzes lediglich an eine erregte Sendeantenne gedacht, deren Schwingungen einen veränderten Ton im Empfangshörer geben sollen, wenn die Vorrichtung in die Nähe eines leitenden Körpers kommt.

Schließlich führt Herr THIEME noch seine Arbeit „Versuche zur Auffindung ferner metallner oder leitender Körper" in TFT 1915, Nr. 19 an, die indessen nach einer Übersicht über die einschlägigen Verfahren lediglich Hinweise auf ein ihm erteiltes Patent 280 629 enthält. Dieses Patent scheint auf eine der beiden von Herrn THIEME erwähnten Anmeldungen zurückzuführen zu sein. Es betrifft ein „Verfahren für maritime Zwecke, bei dem zwei in senkrecht zueinanderstehenden Spulen induzierte Ströme je nach der Stellung der Spulen zu ihrer Erregerquelle zwei Vorrichtungen in verschiedenem Grade beeinflussen, dadurch gekennzeichnet, daß die Erregung jener beiden induzierten Spulen lediglich durch die Annäherung schwimmender oder unter Wasser befindlicher eiserner oder Eisen enthaltender Körper an die Spulen erfolgt". Kennzeichnend für das Patent ist also die Verwendung zweier senkrecht gekreuzter Spulen, die nach dem weiteren Inhalt der Patentschrift im Wasser verankert und mit einem am Lande stehenden Galvanometer verbunden sind. Es ist nicht zu erkennen, was dieses Patent mit dem in meinem Referat beschriebenen Kabelsuchgerät zu tun hat. Es ist mir nicht gelungen, ein zweites Patent des Herrn THIEME festzustellen, obwohl eine zweite Anmeldung nach seiner Angabe vorgelegen hat.

Hiernach ist es mir nicht verständlich, inwiefern die von mir beschriebenen Geräte auf den Veröffentlichungen des Herrn THIEME fußen sollen, da sie sowohl nach ihrer Bauart als nach ihrer Anwendungsweise abweichend von den THIEMEschen Anordnungen sind und auf längst bekannten physikalischen Grundlagen beruhen.

Berlin, 2. XI. 1931. Buttler.

Die Auswertung von Belastungsgebirgen für die Untersuchung von Speicherungsfragen.

Die von Herrn Dr. MUSIL (ETZ 1931, S. 1416) in Abb. 1 gezeigte Darstellung ist ihrem Wesen nach, ebenso wie der in Abb. 4 a (ETZ 1931, S. 894) meines Aufsatzes wiedergegebene Energieinhaltsplan, auch eine topographische Abbildung meines „Spitzensummengebirges". Nur ist als Projektionsrichtung die Energieachse gewählt, während ich mit Absicht dafür die Leistungsachse bevorzugte. Wie in den Schlußabsätzen meines Aufsatzes (aus Gründen des Raummangels: nur knapp) angedeutet, sind alle von Herrn MUSIL erwähnten Aufgaben (und noch andere) mit der von mir bevorzugten Anordnung gleichfalls, u. zw. übersichtlicher und schneller lösbar, weil alle übers Jahr anfallenden verschiedensten Energiewerte als Flächen unmittelbar anschaulich und planimetrierfähig vorliegen, während man bei der von Herrn MUSIL behandelten Auftragsform noch jeweils die Auftragung von Hilfsdiagrammen (Abb. 2) vornehmen muß, was namentlich das Vergleichen von Varianten erheblich erschwert. Die in Abb. 4 a meines Aufsatzes gezeigte Form des Energieinhaltsplanes ist, wie in den Schlußabsätzen auch schon angedeutet, noch weiter entwicklungsfähig. Dies auszuführen war aber aus Raumgründen nicht möglich, weshalb ich mich darauf beschränke, hierwegen auf eine demnächst unter dem Titel „Bedarf und Dargebot" in Broschürenform erscheinende ausführliche Darstellung zu verweisen.

Bln.-Dahlem, 1. XII. 1931. Ludin.

Erwiderung.

Herr Prof. LUDIN spart bei der von ihm angegebenen Auftragsform des Spitzensummengebirges (Energieinhaltsplan) die Aufzeichnung des zweiten Schaubildes (Abb. 2 meines Aufsatzes) zur Ermittlung der Jahresarbeit. Diese ergibt sich jedoch in einfacher Weise aus dem Hauptdiagramm und verursacht nur geringe Mühe. Dafür ist aber m. E. die von mir behandelte Vertikalprojektion des Spitzensummengebirges als Lastverteilungs- und Betriebsbild über das ganze Jahr anschaulicher als die Horizontalprojektion, wie eine Einzeichnung des von mir gewählten, ziemlich häufig vorkommenden Beispieles in die Abb. 4a der Arbeit von Herrn Prof. LUDIN erkennen läßt. Man kann aber auch in der Vertikalprojektion die Linien gleichen Speicherinhaltes, erhalten für einen bestimmten Speicherungswirkungsgrad aus der Ladezustandskurve, eintragen und die Kurve der täglich gespeicherten Energie in einfacher Weise mit der Speicherinhaltskurve auf größte Wirtschaftlichkeit abstimmen.

Berlin, 11. XII. 1931. L. Musil.

LITERATUR.

Besprechungen.

Jahrbuch der Verkehrsdirektion der BEWAG 1930. Herausg. v. d. Berliner Städtische Elektrizitätswerke AG., Berlin. (Veröffentl. der BEWAG Reihe II, Bd. 11.) Mit 88 Abb., VII u. 152 S. in 8⁰. Nicht im Buchhandel.

Die bewährte Anordnung des Jahrbuches ist auch in der Ausgabe für das Jahr 1930 beibehalten worden. In diesem Jahre ist zum ersten Male in der Geschichte der Berliner Elektrizitätsversorgung ein Rückgang des Absatzes festzustellen. Da er durch den verminderten Stromverbrauch der schlecht beschäftigten Industrien und Gewerbe veranlaßt worden ist, so erachtet die Verwaltung es für eine gebieterische Pflicht, neue, von den Konjunkturschwankungen weniger abhängige Absatzmöglichkeiten zu schaffen. Eine stärkere und schnellere Elektrisierung der Haushaltungen ist als der aussichtsreichste Weg hierfür erkannt. Die Verkehrsdirektion hat daher im Jahre 1930 ein Büro für Hauswirtschaft neu geschaffen und es mit dem Reklamebüro, dem Büro für Sonderaufgaben und dem Vertrieb der Heißwassermietspeicher zu einer Dienststelle „Elektrizitäts-Verwertung“ vereinigt.

Aus dem Kapitel I „Das Betriebsjahr in Zahlen“ sei folgendes hervorgehoben: Die verkauften Kilowattstunden sanken gegen das Vorjahr von 1,324 Mrd auf 1,291 Mrd, also um 2,5 %. Um über die Ursache dieses Rückganges möglichste Klarheit zu erhalten, hat die Bewag eine besondere Untersuchung über die Absatzentwicklung einzelner Abnehmergruppen vorgenommen und z. B. festgestellt (Abschnitt V, Wirtschaftsfragen), daß gegenüber dem Jahre 1929 folgende Abnahme bzw. Zunahme der verkauften Kilowattstunden eingetreten ist.

Hochspannungs-Großverbraucher	— 6,65%
Niederspannungs-Kleinverbraucher	— 2,90%
elektrische Bahnen	+ 2,98%
öffentliche Beleuchtung	— 4,57%
Wiederverkäufer	+ 19,13%
Im ganzen	— 2,52%

Die hohe Verbrauchszunahme der Wiederverkäufer ist hauptsächlich durch das El.-W. Südwest bedingt worden, das seine Entnahme von der Bewag von 30,17 auf 46,61 Mill kWh gesteigert hat, ein Fall, der als Schulbeispiel für die wirtschaftlich-günstige Auswirkung des planmäßigen Zusammenarbeitens zweier großer Elektrizitätswerke anzusehen ist.

Auch die gleichzeitige Höchstbelastung der Werke der Bewag ist zurückgegangen, nämlich von 487 600 kW (1929) auf 472 800 kW (1930). 1929 wies gegenüber 1928 eine Zunahme von 7,66 %, 1930 gegen 1929 dagegen eine Abnahme von 3,01 % auf. Desgleichen sank die mittlere Belastung von 174 444 kW (1929) auf 167 243 kW (1930) herab.

Bezüglich der Bearbeitung besonderer Stromabsatzgebiete (Abteilung IV) wird berichtet über Versuche mit einer elektrisch geheizten Kammer zum Trocknen von Gußformen in einer großen Eisengießerei; über eine größere Frühbeetbeheizung und über elektrisches Haushaltkochen in einer voll-elektrischen Siedlung von etwa 500 Wohnungen. Sehr eingehend, auf 21 Seiten mit 14 Abbildungen, werden die mit den Heißwasserspeichern gemachten Erfahrungen besprochen.

Zu Beginn des Jahres 1930 mußte auf Beschluß der Stadtverwaltung die Bewag ihre Tarife erhöhen, es geschah dieses dadurch, daß beim Gebührentarif die Arbeitsgebühr von 16 auf 20 Pf und beim Festpreis (Tarif II) der Preis von 40 auf 50 Pf gesteigert wurde. Die hierdurch erzielten Mehreinnahmen kamen jedoch der Bewag nicht zugute, sie wurden vielmehr in voller Höhe der Kämmereikasse zugeführt.

Sehr bemerkenswert und für eine zweckmäßige Gestaltung der Tarifpolitik wichtig sind die eingehenden Untersuchungen, welche die Bewag über die Verteilung des Stromabsatzes auf die einzelnen Abnehmergruppen, über die wirtschaftliche Auswirkung der Tarife auf diese, sowie über die Belastungsverhältnisse angestellt hat. Aus Platzmangel kann hierauf jedoch nicht näher eingegangen werden; es sei indes die Hoffnung ausgesprochen, daß diese Untersuchungen bei den für Anfang 1932 in Aussicht genommenen Tarifänderungen sich günstig für die Abnehmerschaft auswirken möchten, ohne die Belange der Bewag zu schädigen; im besonderen erscheint eine wesentliche Verbilligung oder vielmehr Neueinführung eines Haushalttarifes notwendig, da der Berliner Bürgerschaft bei den bisherigen Tarifen eine ausgiebige Verwendung der Elektrizität im Haushalte unmöglich und sie gegenüber den Abnehmern zahlreicher anderer deutscher Elektrizitätswerke in dieser Hinsicht stark im Rückstande war. B. Thierbach.

Der Beruf des Wirtschaftsprüfers. Ausbildungs- u. Organisationsgrundsätze. Von Min.-Rat Dr. O. Frielinghaus. (H. 1 v. „Der Wirtschaftsprüfer“.) Mit IV, 34 S. in 8⁰. Verlag Julius Springer, Berlin 1931. Preis steif geh. 2,50 RM.

Betriebsprüfung, Wirtschaftsberatung und der Wirtschaftsprüfer. Von Prof. Dr. W. Prion. (H. 2 v. „Der Wirtschaftsprüfer“). Mit V u. 37 S. in 8⁰. Verlag Julius Springer, Berlin 1931. Preis steif geh. 2,50 RM.

Zwei vortrefflich geschriebene Beiträge zu einer Schriftenreihe, die, nach den vorliegenden beiden Abhandlungen zu urteilen, auch über die speziell interessierten Kreise hinaus sehr der Beachtung wert erscheint. Dr. O. Frielinghaus, der in der ETZ 1931, S. 1202, die Vorgeschichte des neuen Berufstandes, seine Aufgaben und erste Entwicklungsphase geschildert hat, behandelt in dem schon vorher erschienenen 1. Heft der Sammlung in klarer Ausführung die Gesetzeslage, die Zulassungs- und Prüfungstellen, sodann die den Wirtschaftsprüfern zufallende Tätigkeit, die Frage der Beschränkung ihrer Zahl und die Berufsform, den Widerruf der Bestellung sowie das zur Gesamtvertretung der Wirtschaftsprüfer auszubauende Institut für das Revisions- und Treuhandwesen. Ein Anhang bringt die Grundsätze der Länder für die öffentliche Bestellung und außerdem die ersten Entwürfe über die Organisationseinrichtungen.

Dr. W. Prion geht näher auf die von dem Wirtschaftsprüfer zu erwartende praktische Leistung ein. Er stellt zunächst die vielfältigen prüfenden und beratenden Tätigkeiten dar, die heute, wie er sagt, dem Unternehmer ihre Dienste zur Unterstützung in einer erfolgreichen Betriebsführung anbieten, um dann die wichtige Frage zu beantworten, für welche von diesen der öffentlich bestellte Wirtschaftsprüfer in Betracht komme. Dabei wird auch die zunächst ja stark umkämpfte, dann als selbstverständlich erkannte Beteiligung der Technik näher erörtert. In einer Schlußbetrachtung verlangt der Verfasser im Interesse der von all den Prüfungen und Beratungen betroffenen Betriebe wie auch des Revisionswesens selbst eine Vereinheitlichung und die Herstellung eines produktiven Vertrauensverhältnisses zwischen Prüfung und Betrieb[1]. F. Meißner.

Eingegangene Doktordissertationen.

Wilhelm Raiß, Brennstoffverbrauch und Wärmeausnutzung bei der Wohnungsheizung. T. H. Darmstadt 1930.

Karl Wetzler, Untersuchungen über die Abhängigkeit der Gesamtstrahlung von Baustoffen von der Temperatur unter Berücksichtigung des Einflusses der Oberflächenbeschaffenheit. T. H. Darmstadt 1927.

[1] Es sei hier vermerkt, daß die Zeitschrift „Technik und Wirtschaft“ seit Oktober ein Archiv für Wirtschaftsprüfung enthält.

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Die Elektroeinfuhr Südafrikas. — Der Elektroimport der Südafrikanischen Union ist nach der El. Review[1] 1930 von 3,093 Mill £ i. V. auf 2,721 Mill £ zurückgegangen. Der Anteil Großbritanniens konnte sich von 63 auf 67% erhöhen, während der der V. S. Amerika bei etwa 15 und der Deutschlands bei rd. 10 % blieb. Die Einfuhr dieser drei Bezugsländer betrug in 1000 £:

Herstellungsländer	1929	1930
Großbritannien	1958	1651
V. S. Amerika	462	411
Deutschland	306	267

Großbritannien war u. a. Hauptlieferant von Kabeln und Drähten, Elektrizitätszählern, Telephon- und Fernsprechmaterial, Elektromotoren, Transformatoren, Stromerzeugern und sonstigen elektrischen Maschinen aller Art, Kanada von Heiz- und Kochgeräten. Deutschland versorgte die Union vorwiegend mit nicht näher bezeichneten Maschinen, Radiogerät und Leitungsmaterial, der Import der V. S. Amerika überwog bei Akkumulatoren und Batterien. Folgende Übersicht zeigt die einzelnen Wertbeträge:

Erzeugnisse	1930	1929	Änderung g. V.	1930 aus Deutschland
	1000 £			
Generatoren, Dynamos	77	53	+ 24	1
Elektromotoren	142	182	— 40	14
Transformatoren	126	123	+ 3	14
andere elektrische Maschinen	866	981	— 115	87
Akkumulatoren, Batterien	193	274	— 81	7
Elektrizitätszähler	32	34	— 2	5
Lampen und Glaskolben	168	196	— 28	21
Heiz- und Kochapparate	178	133	+ 45	18
anderes elektrisches Material	52	94	— 42	4
Telegraphen- u. Fernsprechgerät	40	58	— 18	8
Radioapparate nebst Teilen	257	175	+ 82	36
Isolatoren	13	19	— 6	2
Kabel und Drähte	578	771	— 193	50

Im Gegensatz zu fast allen Warengruppen, die gegenüber 1929 eine mehr oder weniger große Verminderung in der Einfuhr aufweisen, hat der Import von Generatoren um 24 000 £, von Heiz- und Kochvorrichtungen um rd. 45 000 £ und von Rundfunkgeräten sogar um 82 000 £ zugenommen. Interessant ist eine Bemerkung der El. Review, derzufolge nunmehr auch japanische Erzeugnisse (vorläufig Lampenschirme und -kolben, Schalter, Schnüre usw.) zu sehr niedrigen Preisen in den südafrikanischen Basars angeboten werden. *A. Fr.*

Das Uraler Kombinat für Elektromaschinenbau. — Wir haben schon in der ETZ 1931, S. 1240, auf den Plan der UdSSR hingewiesen, im Ural ein großes Elektromaschinenwerk anzulegen. Nach einer weiteren Mitteilung der russischen Handelsvertretung in Deutschland entspricht dieses Projekt dem Bedürfnis, in einem neuen Industrie- und Bergbaugebiet eine Massenproduktion von Elektromaschinen unter fast alleiniger Verwendung aus der Umgebung zu beschaffender Rohstoffe einzurichten. Der, wie es heißt, nunmehr endgültige Entwurf für dieses Kombinat, als dessen Sitz man die Stadt Swerdlowsk in Aussicht genommen hat, sieht fünf Grundbetriebe mit einer Jahresproduktion im Wert von etwas über 2 Mrd Rbl vor, u. zw. ein Turbogeneratorenwerk für jährlich 38 große und hypergroße Dampfgeneratoren (je von 50 000 bis 160 000 kW und darüber), ferner ein Maschinenbauwerk, in dem u. a. moderne elektromaschinelle Ausrüstungen für den Bergbau und die Schwerindustrie sowie Hydrogeneratoren bis etwa 100 000 kW, schließlich auch Normalmaschinen und Spezialmotoren hergestellt werden sollen. Dazu kommen weiter ein Transformatorenwerk, ein Apparatewerk für Ölschalter, Motorsteuerungen usw. und ein Kabelwerk, das den Bedarf der übrigen Anlagen des Kombinats decken wird. Über den Gedanken, die genannten Betriebe zu vereinigen, sagt die Handelsvertretung[2]: „Es ist dem Charakter der Elektroindustrie mehr als einer jeden anderen die Tendenz zur Kombinierung und weitesten Zusammenfassung eigen. Die moderne Elektroindustrie ist eine komplizierte Kombination von Produktionszweigen, die in ihrer Gesamtheit ein einheitliches Produkt liefern und die größte gegenseitige Einstellung aufeinander seitens der Produktionszweige erforderlich machten. Die äußerst schnelle Entwicklung der Elektrotechnik verlangt die Schaffung von leistungsfähigen Forschungslaboratorien mit einer großen Anzahl wissenschaftlicher Mitarbeiter. Hierbei kann die größte Leistungsfähigkeit nur unter den Voraussetzungen einer starken Konzentration erreicht werden, wie sie im Uraler Kombinat für Elektromaschinenbau vorhanden sein wird." Bei sofortiger Inangriffnahme der Bauarbeiten würden die Werke 1933 bereits für 30, 1934 für 805, 1935 für 1328, 1936 für 1801 und 1937 für 2155 Mill Rbl produzieren können. Die Investierung soll sich nach dem Entwurf für den industriellen Teil auf 446 Mill Rbl und insgesamt einschl. der Wohnungen usw. auf etwa 700 Mill Rbl stellen. Die Selbstkosten der Erzeugung will man gegen die konventionellen Werkpreise von 1926/27 (62,8 %) auf 50,3 % senken, so daß das Kombinat gegenüber den heutigen Werken des Elektrotrusts eine jährliche Ersparnis von 200 Mill Rbl bringen würde. Man darf auf die Verwirklichung dieses großzügigen Projektes und mehr noch auf das schließliche Betriebsergebnis gespannt sein, bei dem die heute in der russischen Elektroindustrie noch keineswegs befriedigend gelöste Qualitätsfrage eine wichtige Rolle spielen wird.

[1] Bd. 109 (1931), S. 192.
[2] Sowjetwirtsch. u. Außenhandel Bd. 10 (1931), Nr. 21, S. 35.

Die deutsche Erdölgewinnung im Jahr 1930[1]. — Die Förderung der deutschen Erdölindustrie ist 1930 infolge Erschließung neuer Quellen im hannoverschen Ölgebiet von 103 000 auf rd. 174 000 t gestiegen. Für sie arbeiteten 35 Betriebe mit am Jahresschluß 703 Bohrlöchern, deren Anzahl gegen das Vorjahr um 71 zurückgegangen ist. Außerdem werden in Hannover zwei Schächte betrieben. An der Zunahme der Gewinnung waren sämtliche Bergreviere der Provinz beteiligt, besonders deren nördlicher Teil. Neben dieser Steigerung der Produktion ist im Berichtsjahr die Einfuhr ausländischen Rohöls außerordentlich gewachsen. 1931 hat die Erzeugung Hannovers wieder etwas nachgelassen, während anderseits die Gewinnung im Kalischacht Volkenroda (Thüringen) innerhalb der ersten acht Monate insgesamt auf 139 000 t gegen 99 000 t in der gleichen Periode des Vorjahres gestiegen ist.

Belgische Elektroholdinggesellschaften in der Wirtschaftskrisis. — Die 1929 gegründete Cie. Européenne pour Entreprises d'Electricité et d'Utilité Publique (Europel), Brüssel, hat nach dem Berl. Börs.-Cour. das Geschäftsjahr 1930/31 mit einem Reingewinn von 32,401 Mill belg. Fr (32,473 i. V.) abgeschlossen und aus diesem eine Dividende von 5 % netto (6 % i. V.) verteilt. In ihrem Bericht wird darauf hingewiesen, daß die Elektrowerte trotz der allgemeinen recht ungünstigen Lage bedeutend widerstandsfähiger als andere Papiere seien und die Erschließung neuer Konsumgebiete, u. a. auch die Ausdehnung des Elektrizitätsverbrauchs im Haushalt, die Wirkungen der Absatzkrise in einigen Ländern gemildert habe. Aus einer Besserung der Verhältnisse werde die Elektrizitätsindustrie sofort Nutzen ziehen können. — Durch die hier schon früher erwähnten großen Verluste (über 50 % des 400 Mill belg. Fr betragenden AK.), die die Cie. Hispano-Belge d'Entreprises Electriques et Industrielles (Hispanobel), Brüssel, besonders infolge ihrer Beteiligung an der spanischen Gesellschaft Regadios y Energia de Valencia (Reva) erlitten hat, ist nunmehr eine ao. GV. des Unternehmens veranlaßt worden, dessen sofortige Auflösung zu beschließen. — Die besonders in Spanien und Mexiko arbeitende Soc. Internationale d'Energie Hydro-Electrique (Sidro), Brüssel, erzielte 1930/31 nur einen Reingewinn von 60,163 Mill belg. Fr gegen 83,46 i. V. Den erheblichen Rückgang erklärt die Verwaltung aus den wirtschaftlichen Schwierigkeiten in Spanien — hier ist die Sidro vornehmlich an der Barcelona Traction, Light & Power Co. beteiligt —, insbesondere der Entwertung der dortigen Valuta und der Verschlechterung der Währung in Mexiko, wo die Gesellschaft starkes Interesse an der Mexican Light & Power Co. und der Mexico Tramways Co. hat.

Die Gewinnung von deutschem Rohgraphit im Jahr 1930[1]. — Sie erfolgt ausschließlich in Bayern, wo 1930 acht Betriebe in Tätigkeit waren. Die Förderung betrug rd. 25 000 t im Wert von 0,554 Mill RM gegenüber 21 000 t und 0,515 Mill RM im Vorjahr. Die Einfuhr hat sich in den letzten Jahren verringert und erreichte 1930 nur noch 14 800 t (26 900 i. V.) im Wert von 2,3 Mill RM (4,4 i. V.). Ausgeführt wurden rd. 5300 t Graphit, deren Wert sich auf 2,16 Mill RM stellte.

[1] Nach Wirtsch. u. Stat. Bd. 11 (1931), S. 787.

Abschluß des Heftes: 18. Dezember 1931.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 16 250 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

ETZ

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

INHALT

53. HEFT · 52. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

(1589—1612) 31. DEZEMBER 1931

Elektrotechnische Zeitschrift
(Zentralblatt für Elektrotechnik)
Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894
Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9
52. Jahrgang | Berlin, 31. Dezember 1931 | Heft 53

Die Lautsprecheranlage des Stadions der Technischen Hochschule Darmstadt.

Von F. Schilgen und C. Starkloff, Darmstadt.

Übersicht. Die Arbeit gibt einen kurzen Überblick über die Aufstellung und Schaltung der Großlautsprecheranlage im Hochschulstadion der T. H. Darmstadt.

Das Hochschulstadion zu Darmstadt zählt heute in jeder Beziehung zu den besteingerichteten Sportanlagen Deutschlands. Alle Errungenschaften neuzeitlicher Baukunst und Technik sind angewendet, um eine einwandfreie Abwicklung sportlicher Veranstaltungen jeder Art und Größe zu gewährleisten. Von den technischen Einrichtungen ist u. a. besonders die neuzeitliche Großlautsprecheranlage erwähnenswert, die im Stadion zur Bekanntgabe der Sportresultate, Musikwiedergabe während der Kampfpausen usw. fest eingebaut ist. Sie hat bei der Austragung der 4. internationalen Meisterschaften der Studenten vom 1. bis 10. VIII. 1930 vor fast 12 000 Zuschauern nicht nur ihre unbedingte Brauchbarkeit sondern auch Notwendigkeit bewiesen; sie hat sich seitdem im Laufe fast eines vollen Jahres in jeder Hinsicht bewährt, so daß einige Mitteilungen darüber von allgemeinem Interesse sein dürften.

Abb. 1. Stadion der T. H. Darmstadt.

Die große Ausdehnung des Sportgeländes und vor allem die sich aus der Eigenart sportlicher Veranstaltungen zwangläufig ergebende Forderung, die Anlage den verschiedensten Verwendungszwecken anzupassen, stellte die Technik in diesem Falle vor recht schwierige Probleme. Im einzelnen handelt es sich um folgende Aufgaben:

Während der Einzelveranstaltungen sollen in nächster Nähe der Kämpfenden durch berufene Sportsachverständige Reportagen in ein Mikrophon gesprochen und auf dem ganzen Platze so laut verbreitet werden, daß das auf diese Weise gegebene Hörbild auch für den am anderen Ende des Stadions weilenden Zuschauer die wünschenswerte und einwandfreie Ergänzung des — infolge der großen Entfernung — optisch nur noch schlecht erfaßbaren Vorganges bietet. Es werden ferner Teil- und Endergebnisse laufend angesagt sowie bei Bedarf (z. B. bei Massenturnen usw.) Kommandos übertragen. Vor Beginn der Spiele und während der Pausen sollen die Zuschauer durch Grammophonmusik oder Rundfunk-Darbietungen unterhalten werden können. Ferner sollen die Kampfmannschaften in den Umkleideräumen zu den Einzelkämpfen aufgerufen werden.

Nur Kraftverstärker mit hoher Endleistung und genügender Kraftreserve sowie in entsprechendem Umfange belastbare Großlautsprecher konnten in Anbetracht der gewaltigen Ausmaße des Stadions die sichere Gewähr für die einwandfreie Lösung dieser Aufgaben bringen. Die Verteilung dieser Lautsprecher rings um das Oval der Zuschauerterrasse war infolge störender gegenseitiger Beeinflussungen und durch einen nahen Wald entstehender Echowirkungen nicht möglich; die Schallabstrahlung mußte zentral, von einer Stelle aus, geschehen. Für das Mikrophon waren an den verschiedenen Kampfbahnen Anschlußstellen vorzusehen, so daß je nach Bedarf die Anlage von dem Platz, an dem gerade Kämpfe ausgetragen werden, besprochen werden kann.

Abb. 1 gibt eine Übersicht über das gesamte Hochschulstadion zu Darmstadt. Im Hintergrund links ist das Schwimmbecken mit Sprungturm, in dem sämtliche Großlautsprecher eingebaut sind, sichtbar; rechts an der Süd-

Abb. 2. Verstärkerraum mit Schalttisch, Plattenlaufapparat, Verstärkern und Lautsprecher.

Abb. 3. Schaltbild zur Lautsprecheranlage.

kurve der Laufbahn erkennt man das neuerbaute „Marathontor". In einem Raume dieses Tores (Abb. 2) ist die Zentrale (Verstärkerraum) der Lautübertragungsanlage errichtet. Sie enthält 3 Kraftverstärker Type K III der AEG von je 30 W unverzerrter Ausgangsleistung mit den dazugehörigen Motorgeneratoren, die sowohl Heiz-, Gitter- und Anodenspannungen für die Röhren der Kraftverstärker als auch die Erregerspannung für die Großlautsprecher liefern. Außerdem enthält die Zentrale den AEG-Mikrophon-Vorverstärker, einen elektromagnetischen Kontroll-Lautsprecher „Gealion", ein Schallplatten-Wiedergabegerät „Briola", einen Rundfunkempfänger „Geadem" und die von der AEG gelieferte Schalttafel mit Zählern und Sicherungen für das gesamte Leitungsnetz. Auf dem Tisch enden drei Mikrophon-Stromkreise (Abb. 3). Von diesen führt der eine zum Hauptkampffeld, der andere zum Schwimmbad und der dritte zu dem ebenfalls im Marathontor vollkommen schallsicher untergebrachten Besprechungsraum. Die Leitungen enden an den genannten Punkten in (Fernsprech-)Steckdosen.

An den beiden ersten, im Freien befindlichen Besprechungsstellen sind die Steckdosen in Betonkästen eingelassen. Abb. 4 zeigt eine solche Mikrophon-Anschlußstelle im Betrieb. Neben dem Mikrophon sieht man einen tragbaren Kasten, der den Vorverstärker, Batterien und Ausgangstransformator enthält. Die Verständigung zwischen den einzelnen Mikrophon-Anschlußstellen und der Zentrale wird durch optische Rufzeichen hergestellt, die durch einen am Mikrophon befindlichen Kurzschlußschalter ausgelöst werden. Es finden Reis-Mikrophone und Vorverstärker Verwendung.

Der Übergang von Mikrophonbesprechung auf Schallplatten- oder Rundfunkübertragung geschieht im Verstärkerraum durch einfaches Umlegen eines Hebelschalters.

Um Störungen des Rundfunkempfanges durch die zu jedem Kraftverstärker gehörige Maschine zu vermeiden, ist für jeden Maschinensatz ein besonderer Störschutz vorgesehen.

Abb. 4. Anschlußstelle für ein Mikrophon an der Kampfbahn.

Die Verstärker sind eingangseitig parallel geschaltet, während sie ausgangseitig in dieser Anlage für den Anschluß von je 4 Großlautsprechern eingerichtet sind. Im ganzen sind im Sprungturm 10 elektrodynamische Lautsprecher montiert, die in Gruppen von 4, 4, 2 Stück je nach Bedarf geschlossen oder gruppenweise benutzt werden können. Außerdem sind in den Gebäuden des Stadions 6 elektromagnetische Gealion-Lautsprecher verteilt, die selbsttätig jeweils an dem Kraftverstärker liegen, der die Gruppe von nur 2 elektrodynamischen Lautsprechern betreibt.

Abb. 5 zeigt den Sprungturm mit seinen 10 Großlautsprechern, die in Schallwänden montiert und gegen Witterungseinflüsse durch ein wetterfestes Gehäuse mit Dach geschützt sind.

Die Montage der gesamten Lautsprecher ist so durchgeführt, daß diese jederzeit schnellstens ausgewechselt bzw. entfernt werden können. Die Sprechspulenkabel enden über Zylinder-Endverschlüsse in unverriegelten Kragen-Steckvorrichtungen mit Hülsen, die Erregerkabel in den gleichen Vorrichtungen, aber mit Stiften. Die Steckvorrichtungen sind unter dem Boden des Sprungturmes auf einer Tragkonstruktion getrennt verteilt, u. zw.

1. nach Sprech- und Erregerspulen,
2. nach Lautsprechergruppen.

Als Verbindungskabel von der Steckvorrichtung zum Lautsprecher wurde Gummischlauchleitung Type NSH benutzt. — Die elektromagnetischen Lautsprecher Type Gealion liegen parallel an einem beson-

Abb. 5. Sprungturm mit den Großlautsprechern.

deren Kabel, dessen Endverschluß sich in einem Garderobenraum befindet. Von hier aus führen einzelne Lautsprecherleitungen zu gußeisernen Steckdosen, die bei Nichtgebrauch verschraubbar sind.

Sämtliche Leitungen sind in Erdkabel verlegt. An Leitungsmaterial wurde verwendet

für die Mikrophonleitungen: Signalkabel Type APM,

für die Lautsprecher-Schwingspulen-Leitungen: Spezialkabel mit hohler Papierisolation und geringer Kapazität, Type APM 13,

für die Lautsprecher-Erreger-Zuleitungen: Starkstromkabel NKBA $2 \cdot 4\ mm^2$.

Im Betrieb hat sich die gesamte Lautübertragungsanlage außerordentlich bewährt. Die Austragung der internationalen Meisterschaften im Herbst vorigen Jahres hätte sich nicht so reibungslos abwickeln lassen, wenn nicht die den Bedürfnissen des Sportbetriebes ausgezeichnet angepaßte und zuverlässig arbeitende Lautsprecheranlage zur Verfügung gestanden hätte.

Zur Frage der elektrischen Stoßprüfung vom Standpunkt der Gewitterüberspannungen*.

(Mitteilung aus dem Institut für elektrische Meßkunde und Hochspannungstechnik der T. H. Braunschweig.)

Von **Walter Schilling**, Braunschweig.

Übersicht. Es werden die Ergebnisse europäischer und amerikanischer Messungen in bezug auf Gewitterüberspannungen angegeben und eine theoretische Betrachtung über den Zusammenhang von Spannungshöhe und Spannungsform bei induzierten Gewitterspannungen angestellt. An Hand der Ergebnisse wird die bisherige Form der Stoßprüfung betrachtet und eine Vereinheitlichung derselben auf der Grundlage von rechteckförmigen Stoßspannungen im Bereiche von 3 ... 10 µs zeitlicher Dauer vorgeschlagen.

In elektrischen Anlagen haben wir im allgemeinen mit zwei Gruppen von Überspannungserscheinungen zu rechnen: denen inneren und denen äußeren Ursprungs. Die ersten sind die mit Schaltvorgängen (Einschalten, Ausschalten, Kurzschluß, Erdschluß usw.) zusammenhängenden Ausgleichspannungen. Die zweiten sind die durch Blitzvorgänge hervorgerufenen Überspannungswellen. Während die erste Gruppe Wanderwellen- und Hochfrequenzcharakter haben kann, ist die zweite Gruppe vorwiegend auf Wellencharakter beschränkt. Überspannungen der zweiten Gruppe können solche der ersten Gruppe im Gefolge haben. Die elektrische Stoßprüfung stellt sich nun ihrem Wesen entsprechend auf die zweite Gruppe von Überspannungen ein und erfaßt damit zugleich, wie wir sehen werden, auch den Bereich mit Wellencharakter der ersten Gruppe. Eine Trennung der Überspannungserscheinungen in diese beiden Gruppen ist auch insofern wichtig, als sie beide zur Bekämpfung ganz verschiedene Maßnahmen erfordern.

Nachdem nun auf dem Gebiete der Blitzüberspannungen in den letzten Jahren viele Kenntnisse gewonnen sind, vor allem unter Verwendung des Kathodenstrahl-Oszillographen, kann erneut die Frage nach der zweckmäßigsten Form der Stoßprüfung[1] gestellt werden.

Wir fragen zunächst nach der Art der Überspannungswellen auf Leitungen, die durch Blitzvorgänge ausgelöst sind, u. zw. sind vom Standpunkt der Stoßprüfung sowohl Spannungshöhe als auch Spannungsform (Steilheit und Einwirkungsdauer) wichtig. Die allgemeinen Ergebnisse amerikanischer und europäischer Messungen (1, 2, 13, 14)[2] sind: Überspannungen können entstehen entweder durch direkten Blitzeinschlag in die Leitung selbst oder indirekt durch freiwerdende Ladungen auf der Leitung bei Entladung einer Wolke durch den Blitz. Die Überspannungen durch direkten Einschlag sind besonders gefährlich sowohl in bezug auf Spannungshöhe als auch Spannungssteilheit und Dauer der Spannungseinwirkung (2, 3). Zuverlässige Messungen über den entsprechenden Spannungsverlauf liegen nicht vor (18). Man schätzt eine längere Dauer der Spannungseinwirkung als bei induzierten Wellen (vgl. unten). Daher liegen die Minimalüberschlagspannungen nahe beim 60- bis 50 Hz-Wert (14 a). Induzierte Überspannungen auf Höchstspannungsleitungen haben nach den amerikanischen Messungen[3] (1, 13, 14) eine steile Stirn (Spannungsanstieg allgemein in 3 ... 8 µs), wenn sie hoch sind, können aber steil oder flach sein, wenn sie niedrig sind. Die Dauer der Wellen ist normalerweise 10 bis 40 µs. Die höchste Spannung kann am E n t s t e h u n g s o r t[4] 1000 ... 2500 kV betragen, doch liegt die Mehrzahl der Messungen unter 1000 kV (14). Die Dämpfung der Wellen ist bei hohen Spannungen sehr groß [bei 940 kV Überspannungswelle z. B. fällt der Höchstwert nach 4,3 km durchlaufener Leitungslänge auf 350 kV herab] (14 b). Erdungsdrähte setzen die Spannungshöhe um etwa 30 ... 50 % herunter (14 e, 1). Die Höhe der induzierten Spannung wächst mit der Leitungshöhe. Innerhalb des angegebenen Zeitbereiches kann die Form der Wellen ganz verschieden ausfallen. Die Polarität ist vorwiegend positiv [etwa 70 % (7, 14)]; die Spannungsform ist aperiodisch, oft mit überlagerter stark gedämpfter Hochfrequenz. Es folgt oft beim Nulldurchgang ein Stoß umgekehrter Polarität geringer Spannungshöhe.

Die europäischen Messungen für Höchstspannungsnetze (3) ergeben: Die Polarität der induzierten Spannung ist stets negativ. Steilheit der Spannungsanstieges und Dauer der Überspannungswellen stimmen in der Größenordnung mit den amerikanischen Messungen überein. Es treten relativ selten steile und hohe Spannungspitzen bei kurzer Dauer auf, die allein gefährlich sind. Die amerikanischen Messungen erfassen auch bei der hohen Isolation der für die Messung verwandten Leitungen die sehr hohen Überspannungswellen (1000 ... 2000 kV), während bei den europäischen Messungen bei der Aufnahme hoher Überspannungswellen oft die Begrenzung der Spannungshöhe durch Leitungsüberschlag störend auftritt.

Bezüglich der Schutzmaßnahmen auf Höchstspannungsleitungen vertritt man in Amerika den Standpunkt: sehr hohe Leitungsisolation, Unschädlichmachen der hohen Wellenspannungen vor und in der Station, Vermeidung von Kurz- bzw. Erdschlüssen (12, 15, 16, 17); in Europa: Zulassen des Leitungsüberschlages bei relativ kleinen Spannungen, Unschädlichmachen des Überschlages für die Isolation (Lichtbogenarmatur usw.) und Unschädlichmachen des Kurz- bzw. Erdschlusses für die Betriebsführung [guter Selektivschutz, Erdschlußspulen] (3).

Die europäischen Messungen der induzierten Wellen in Netzen mittlerer Spannung [8 kV Drehstrom und 1,25 kV Gleichstrom] (3) ergaben: Die Höhe der Spannung beträgt meist nur wenige Kilovolt (z. B. im 1,25 kV-Netz 6,5 kV_{max}, 3,0 kV_{max} und 2,0 kV_{max}, ferner im 8 kV_{eff}-Netz 21 kV_{max}, 18 kV_{max}, 11 kV_{max}). Die Steilheit des Anstiegs ist oft nicht gleichmäßig, sondern der Anstieg geschieht in vielen Stößen. Relativ steile Wellen ergaben sich nur bei nahem Gewitter (z. B. 3000 V in 10 µs, Steilheit 300 V/µs; 11 000 V in 50 µs, Steilheit 220 V/µs; 2000 V in 5 µs, Steilheit 400 V/µs.) Ein Zusammenhang zwischen Blitzentfernung, Spannungshöhe und Steilheit ist nicht feststellbar. Innerhalb der Anstiegzeiten kann bei der geringen Isolation in Mittelspannungsnetzen sich schon das Abfließen der Ladung durch Ableitung und dadurch hervorgerufene Spannungsenkung wirksam erweisen. Die Gefährlichkeit der Überspannungswellen wird in der Steilheit gesehen. Dementsprechend ist der Standpunkt bezüglich der Schutzmaßnahmen: Schutz gegen die steile Stirn der Wellen selbst und der nachfolgenden Kurzschluß- bzw. Erdschlußwellen (diese kommen hier mehr in Betracht als oben infolge der geringen Spannungshöhe der Blitzwellen in bezug auf die Betriebsspannung), Unschädlichmachen des Kurz- bzw. Erdschlusses für die Betriebsführung.

Sowohl für Höchstspannungsnetze als auch für Niederspannungsnetze ist die Form der Überspannungswelle e i n a p e r i o d i s c h e r Stoß. Es können im Gefolge Hochfrequenzerscheinungen auftreten, deren Frequenz aber in jedem Falle der Leitungsfrequenz entspricht.

---

* Eingeg. am 20. 11. 1931.

[1] Es handelt sich hier nur um Formprüfung der Isolatoren, d. h. Bestimmung ihrer Überschlagsspannung bei Stoß, nicht um die Stückprüfung.

[2] Die eingeklammerten Zahlen hier und im folgenden weisen auf die Nummern in dem am Schluß dieses Aufsatzes abgedruckten Literaturverzeichnis hin.

[3] Es ist bei oszillographischen Aufnahmen nicht immer sicher, ob es sich um „direkte" oder induzierte Wellen handelt (14 a).

[4] Messung mit Klydonograph.

Bezüglich der Frage der Bedeutung induzierter Spannungen gegenüber direkten Schlägen herrscht keine Übereinstimmung (2, 14). In sehr hoch isolierten Leitungen wird der direkte Blitzschlag die wichtigere Störungsquelle sein, während in mittelisolierten Netzen die höheren induzierten Wellen auch Bedeutung haben. Man kommt zu dem Standpunkt, daß der direkte Blitzschlag in jedem Falle zum Überschlag führen wird, daß aber die indirekte induzierte Überspannung in der Hauptsache von der Isolation ausgehalten werden soll. Danach muß eine Prüfmethode zunächst die Sicherheit der Isolation gegen Überspannungen durch indirekten Blitzschlag erweisen.

[Zusatz bei Korrektur: Nach neuer Auffassung ist anzunehmen, daß hohe, gefährliche Überspannungen auf Hochspannungsleitungen immer von direkten Einschlägen herrühren werden. Dafür spricht die Tatsache, daß bei Antennenmessungen niemals eine so hohe Feldänderung nachgewiesen werden konnte, wie sie nach der nachfolgenden Rechnung notwendig zur Entstehung hoher kurzzeitiger induzierter Spannungen da sein müßte. Ich verdanke diesen Hinweis der freundlichen Kritik des Herrn Dipl.-Ing. Aigner, Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen, Berlin. Danach hätte die nachfolgende Rechnung mehr theoretisches Interesse bzw. wäre nur für mittel- und schwachisolierte Netze von Bedeutung, und die späteren Vorschläge für die Stoßprüfung wären vor allem in Verbindung mit den obigen experimentellen Ergebnissen zu bringen. Es zeigt sich aber, daß der Zusammenhang zwischen Spannungshöhe und Spannungsform bei direkten Einschlägen ähnlich ist wie bei induzierten Spannungen, soweit unsere derzeitige Kenntnis der Wolkenentladung beurteilen läßt.]

Abb. 1. Angenommene Verteilung der induzierten Ladung auf der Leitung (Nullpunkt in Mittellinie der Wolke von der Länge L).

Abb. 2. Der freigewordene Ladungsanteil q/Q_0 (Feldstärkenänderung) einer Wolkenentladung abhängig von der reduzierten Zeit αt.

Abb. 3. Spannungsverlauf auf der Mittellinie des Feldbereichs der Wolke.

Wenn wir nun fragen, was obige Kenntnisse der Überspannungswellen und der Einstellung bezüglich ihrer Bekämpfung in Europa für die Stoßprüfung bedeuten, so ist zunächst zu beachten, daß die oszillographische Messung infolge der Aufnahmen in der Station in großer Entfernung von dem Entstehungsort der Spannungswellen nur die durch Dämpfung vollkommen veränderte Welle wiedergibt. Die Dämpfung ist in der Hauptsache Glimmentladungen zuzuschreiben und wird sich bei hohen Spannungen mehr geltend machen (14). Es zeigt sich, daß die hohen kurz dauernden Wellen relativ mehr gedämpft werden, da die Koronaverluste offenbar im Ausbildungszustand am größten sind (14e). Bei den europäischen Aufnahmen ist außerdem, wie gesagt, infolge der geringen Leitungsisolation noch dazu bei hohen Überspannungswellen die Spannungshöhe durch Überschlag häufig begrenzt und die Wellenform verändert. Die Kathodenstrahl-Oszillogramme geben ferner im allgemeinen nur den Verlauf der freien Wellen wieder, während die wirkliche Beanspruchung der Isolation anders geartet sein kann, wie wir noch sehen werden. Um für den für die Stoßprüfung wichtigen Zusammenhang zwischen Spannungshöhe und Spannungsform einen Anhalt zu haben, wollen wir eine kurze theoretische Betrachtung für die durch indirekte Einwirkung entstehenden Überspannungswellen anstellen. Es ergibt sich im Anschluß an eine Betrachtung von Mathias (vgl. 4, 11) folgendes: Kommt eine Leitung in den Feldbereich Wolke—Erde, so nimmt die Leitung die der Wolkenladung entsprechende Ladung umgekehrten Vorzeichens auf, während die gleichnamige Ladung infolge des großen Zeitbereiches, in dem dieser Vorgang stattfindet, über die Isolationswiderstände abfließen kann. Dadurch behält die Leitung, abgesehen von der Betriebspannung, das Potential der Erde. Würde nun die Wolke in unendlich kleinem Zeitbereich entladen, so würde zugleich die Ladung auf der Leitung frei werden und eine Potentialverteilung gegen Erde erzeugen, die dem ursprünglichen Feld der Wolke bei umgekehrter Polarität entspricht. Diese Ladung würde nach beiden Seiten der Leitung in zwei Ladungswellen halber Höhe von der ursprünglichen Verteilung abfließen. Wenn wir nun entsprechend den natürlichen Verhältnissen eine zeitlich ausgedehnte Entladung der Wolke berücksichtigen, so findet dieser Vorgang für die jeweilig in einem Zeitdifferential dt frei werdende Ladung in gleicher Weise statt. Wir nehmen ein homogenes Feld unter der Wolke an und erhalten nach Abb. 1 eine rechteckige Spannungsverteilung bzw. Ladungsdichte-Verteilung auf der Leitung. Wir nehmen ferner ein zeitliches Gesetz der Wolkenentladung an nach Abb. 2:

$$q = Q_0 \frac{1}{1 + e^{-\alpha t}}. \qquad (1)$$

Dieses Entladungsgesetz entspricht der Entladung eines Kondensators über eine Funkenstrecke nach dem Toeplerschen Funkengesetz (5) und wurde gewählt, um überhaupt einen Anhalt zu haben und weil seine mathematische Form zur Berechnung geeignet ist. Wie man aus Abb. 2 sieht, gilt dies Gesetz mathematisch in dem Zeitbereich $-\infty < t < +\infty$. Praktisch hat man natürlich mit einem zeitlich bestimmten Anfang der Entladung zu rechnen, dessen Feststellung bei dem Charakter des Gesetzes aber nicht von Bedeutung ist, wie wir sehen werden. Die höchste zeitliche Änderung der Ladung liegt bei $t = 0$ und $\frac{q}{Q_0} = \frac{1}{2}$; sie ist ebenso wie der zeitliche Verlauf des Gesetzes überhaupt bestimmt durch die Konstante α; diese werden wir verändern müssen, um den Zusammenhang zwischen Spannungshöhe und Spannungsform der Überspannungswelle zu erfassen. Bei Entladung eines Kondensators ist

$$\alpha = \frac{U_0}{k\,\delta},$$

hierin bedeuten U_0 die Zündspannung in Volt, δ die Schlagweite in cm, und $k = 0{,}12 \cdot 10^{-3}$ ist eine allgemeine Konstante (Funkenkonstante). Hiernach ist z. B. bei

$$\left.\begin{aligned} &U_0 = 1100\ \text{kV},\ \delta = 50\ \text{cm}\ (100\ \text{cm-Kugeln}) \\ &\qquad \alpha = \frac{1100 \cdot 10^3}{50 \cdot 0{,}12 \cdot 10^{-3}} = 183{,}5 \cdot 10^6\ \text{s}^{-1} \\ &\text{und bei}\ U_0 = 145\ \text{kV},\ \delta = 5\ \text{cm}\ (100\ \text{cm-Kugeln}) \\ &\qquad \alpha = \frac{145 \cdot 10^3}{5 \cdot 0{,}12 \cdot 10^{-3}} = 241{,}5 \cdot 10^6\ \text{s}^{-1}. \end{aligned}\right\} \qquad (2)$$

Je größer α ist, desto rascher geht die Entladung vor sich, denn

$$\left(\frac{dq}{dt}\right)_{max} = \left[\frac{Q\,\alpha\, e^{-\alpha t}}{(1 + e^{-\alpha t})^2}\right]_{t=0} = \frac{Q\,\alpha}{4}, \qquad (3)$$

d. h. sie ist direkt proportional α. Da die durch Funken ausgelösten Wellen im Laboratorium etwa in Zeiten von der Größenordnung $0{,}1 \cdot 10^{-6}$ s ihren Höchstwert erreichen (6), so haben wir nach den Angaben über die Stirnlänge für die freien Wellen (s. später) oben mit $^1/_{10} \ldots ^1/_{100}$ der obigen Werte von α zu rechnen. Der durch Entladung der Wolke nach Gl. (1) entstehende zeitliche Spannungsverlauf ist nun an der Stelle 0 (vgl. Abb. 1):

$$U(t)_0 = 2 \int\limits_{t-a_0}^{t} \frac{1}{2}\, \frac{dq}{C\,L}, \qquad (4)$$

worin C die Kapazität der Leitung für 1 m bedeutet, und an einer beliebigen Stelle x innerhalb des ursprünglichen Feldbereiches der Wolke:

$$U(t)_{x\text{in}} = \int_{t-a_{x_1}}^{t} \frac{1}{2} \frac{dq}{CL} + \int_{t-a_{x_2}}^{t} \frac{1}{2} \frac{dq}{CL}, \tag{5}$$

an einer beliebigen Stelle außerhalb des Feldbereiches der Wolke:

$$U(t)_{x\text{au}} = \int_{t-a}^{t} \frac{1}{2} \frac{dq}{CL}. \tag{6}$$

Hierin sind die Parameter der Werte in den Grenzen des Integrals:

$$a_0 = \frac{L}{2v} \tag{4a}$$

$$\left.\begin{aligned} a_{x_1} &= \frac{\frac{L}{2} - x_{\text{in}}}{v} \\ a_{x_2} &= \frac{\frac{L}{2} + x_{\text{in}}}{v} \end{aligned}\right\} \tag{5a}$$

$$a = \frac{L}{v}, \tag{6a}$$

worin $v = 3 \cdot 10^8$ m/s die elektrische Ausbreitungsgeschwindigkeit ist. Diese Formeln entstehen aus der Überlegung, daß ein Ladungselement dq vom Zeitpunkt des

Abb. 4. Spannungsverlauf an einer Stelle, die um $L/4$ von der Wolkenmittellinie entfernt ist.

Freiwerdens ab an der betrachteten Stelle ein bestimmtes Zeitintervall a spannungbildend wirksam ist, d. h. solange dieses Ladungselement bei seiner Bewegung auf der Leitung nach der einen oder anderen Seite der betrachteten Stelle Ladung zuführt. Verbindet man nun Gl. (1) mit den Gl. (4), (5) und (6) unter Beachtung von (4a), (5a) und (6a), so ergibt sich:

$$U(t)_0 = \frac{Q_0}{CL}\left[\frac{1}{1+e^{-\alpha t}} - \frac{1}{1+e^{-\alpha\left(t-\frac{L}{2v}\right)}}\right] \tag{4b}$$

$$U(t)_{x\text{in}} = \frac{1}{2}\frac{Q_0}{LC}\left[\frac{2}{1+e^{-\alpha t}} - \frac{1}{1-e^{-\alpha\left(t-\frac{\frac{L}{2}-x_{\text{in}}}{v}\right)}} - \frac{1}{1-e^{-\alpha\left(t-\frac{\frac{L}{2}+x_{\text{in}}}{v}\right)}}\right] \tag{5b}$$

$$U(t)_{x\text{au}} = \frac{1}{2}\frac{Q_0}{CL}\left[\frac{1}{1+e^{-\alpha t}} - \frac{1}{1+e^{-\alpha\left(t-\frac{L}{v}\right)}}\right] \tag{6b}$$

Man ersieht, daß man zwei verschiedene Formen der Spannungsbeanspruchung erhält [Gl. (4b) ist nur ein Sonderfall von Gl. (5b)], je nachdem die beanspruchte Isolation im Feldbereich der Wolke liegt oder nicht. Wir wollen nun diese Spannungsformen zahlenmäßig auswerten für eine Wolkenlänge von 1000 m und für verschiedene Werte

$$\alpha_1 = 4{,}8 \cdot 10^6 \cdot \frac{1000}{L}, \quad \alpha_2 = 2{,}4 \cdot 10^6 \cdot \frac{1000}{L},$$

$$\alpha_3 = 1{,}2 \cdot 10^6 \cdot \frac{1000}{L}, \quad \alpha_4 = 0{,}6 \cdot 10^6 \cdot \frac{1000}{L},$$

$$\alpha_5 = 0{,}3 \cdot 10^6 \cdot \frac{1000}{L}.$$

Nach den Gl. (4b), (5b) und (6b) entsteht der jeweilige Spannungsverlauf aus der Differenz zweier Gleichungen von der Form der Gl. (1), die zeitlich um einen konstanten Betrag verschoben sind. Da nun nach Abb. 1 der wesentliche Teil der Gl. (1) in ein Gebiet $-3 < \alpha t < +3$ fällt, so findet man, daß die Verschiebung αa nur Bedeutung hat, wenn $\alpha a < 6$ ist; ist $\alpha a > 6$, so bedeutet das positive Glied in den Gl. (4b) ... (6b) Anstieg der Spannung und das negative Abfall der Spannung, ohne daß sich diese gegenseitig überdecken. Wir erfassen mit dem gewählten Zahlenbereich von α den wesentlichen Spannungskurvenbereich für eine Wolkenlänge von 1000 m, wodurch das jeweilige a bestimmt ist. Das Ergebnis zeigen die Abb. 3, 4 und 5, u. zw. ist die Spannung auf ihren Höchstwert bezogen. Die Kurven sind entsprechend den zugehörigen α-Werten, die die Schnelligkeit der Wolkenentladung bestimmen, mit Zahlen versehen. Der Vergleich von Abb. 3 und 5 zeigt uns den Unter-

Abb. 5. Spannungsverlauf der freien Wellen.

schied der freien Wellen vom Spannungsverlauf inmitten der Wolke. Wir haben hier mit der doppelten Spannungshöhe zu rechnen bei gleichzeitiger Zusammendrängung des Spannungsverlaufes auf den halben Zeitbereich. Abb. 4 für die um ein Viertel der Wolkenlänge von der Mitte entfernte Stelle zeigt eine Übergangsform von Abb. 5 auf Abb. 3. In allen Bildern ist gestrichelt eingezeichnet, wie der Spannungsverlauf bei unendlich kurzer Entladung der Wolke sein würde. Diesem Spannungsverlauf nähern sich die Kurven bei steigenden α-Werten. Die hier zahlenmäßig für eine angenommene Wolkenlänge von 1000 m vorliegenden Kurven gelten für jede beliebige Wolkenlänge mit entsprechender Umrechnung der α-Werte und der Zeitabszissen wie angegeben. Wenn wir z. B. auf die doppelte Wolkenlänge übergehen, werden die Zeiten verdoppelt und gleichzeitig gehören zu den Kurven die halben α-Werte. So gehört z. B. zu Kurve 5, Abb. 3 (Wolkenlänge 1000 m), die Kurve 4, Abb. 3, mit doppelten Zeitwerten bei der Wolkenlänge 2000 m, gleiche zeitliche Wolkenentladung vorausgesetzt.

Diese Bilder geben uns einen ungefähren Anhalt über den Zusammenhang von Spannungshöhe und Spannungsform. In der Natur wird die nicht rechteckige, sondern irgendwie abgerundete Verteilung der induzierten Ladung eine Abrundung bzw. Verflachung der Spannungskurven bewirken (vgl. Abb. 1). Wenn man das oben über die Dämpfung Gesagte berücksichtigt, so lassen die Oszillogramme, die nur den Spannungsverlauf der freien Wellen nach Abb. 5 messen, eine Ähnlichkeit erkennen. Durch die erhöhte Dämpfung im oberen Spannungsbereich der Wellen und auf dem Rücken kann die symmetrische Form nach Abb. 5 umgeformt werden in eine solche mit steilerem Anstieg und flachem Rücken (7).

Was den Höchstwert U_0 anbetrifft, der in den Abb. 3 bis 5 Bezugswert ist, so gilt hier die Gleichung

$$\frac{Q_0}{CL} = U_0 = hF,$$

worin h die Höhe der Leitung in Metern und F die induzierte höchstmögliche Feldstärke bedeuten. F wird zu etwa 300 kV für 1 m Leitungshöhe im Höchstwert angegeben und ist nach Abb. 6 abhängig von der Entfernung des Gewitters (1).

[Zusatz bei Korrektur: Zwischen induzierten und direkten Überspannungen besteht ein Zusammenhang, wenn man das gleiche Wolkenentladungsgesetz voraussetzt. Gl. (1) gibt die auf der Leitung freiwerdende Ladung in Abhängigkeit von der Zeit an und ist damit zugleich, abgesehen von dem Multiplikationswert Q_0, das zeitliche Gesetz für das Freiwerden der Gesamtladung der Wolke überhaupt. Handelt es sich nur um einen direkten Einschlag in die Leitung, so wird der diesem Freiwerden der Ladung entsprechende Strom in die Leitung als Stromwelle einziehen. Dieser Strom ist aber gegeben durch

$$i = \frac{dq}{dt} = \frac{\alpha e^{-\alpha t}}{(1+e^{-\alpha t})^2}, \tag{7}$$

wieder abgesehen von dem Multiplikationswert. Diese Gleichung gibt zugleich das zeitliche Gesetz der diesem Strom entsprechenden Überspannung, und wir erhalten daraus den für uns wichtigen Zusammenhang von Spannungsform und Spannungshöhe wie vorher durch Veränderung der α-Werte. Man erkennt aus Gl. (7), daß dieser Zusammenhang so beschaffen ist, daß mit fallenden Werten α (steigender Entladungsdauer) die Spannungshöhe proportional fällt und die zeitliche Ausdehnung proportional zunimmt, wobei der Verlauf symmetrisch zur Achse $t = 0$ ist und dort seinen Höchstwert erreicht; dieser Verlauf ist ähnlich dem nach Abb. 5.]

Abb. 6. Abnahme der induzierten Feldstärke mit der Entfernung von der Gewitter- (Wolken-) Mitte nach Peek.

Wir fragen nun, was aus unseren Ergebnissen für die Stoßprüfung folgt. Wir gehen von den bisherigen Stoßprüfungsschaltungen aus; diese sind fast ausschließlich nach dem Marxschen Vervielfachungsprinzip[5] aufgebaut, d. h. es werden Kondensatoren in Parallelschaltung aufgeladen und durch Funkenstrecken bei der Entladung in Reihe geschaltet. Das Ersatzbild der Schaltung ist ein Kondensator C (wirksame Kapazität der Anlage) in Reihe mit einem Widerstand R (wirksamer Widerstand) und einer Funkenstrecke. Die Stoßspannung entsteht am Widerstand und hat den Charakter einer aperiodischen Welle, die in etwa 10^{-7} s ansteigt und mit einem Abfall der Spannung nach einer e-Funktion, die durch die Zeitkonstante CR bestimmt ist.

Abb. 7. Übergang von der Minimal-Stoßspannung auf die Maximal-Stoßspannung bei einer Spitzen-Funkenstrecke nach Peek. Die Kreuze bezeichnen den Zeitpunkt des Überschlags: Elektrodenabstand 19,9 cm.

Belastet man mit derartigen Stoßspannungen eine Prüfanordnung, z. B. die Elektrodenanordnung Spitze—Spitze, so unterscheidet man eine Minimal- und eine Maximal-Überschlagsspannung (10). Die Minimalspannung ist der Höchstwert der Welle, die bei Steigerung der Stoßspannung zum Überschlag führt, für die Hälfte der auf die Anordnung auftreffenden Wellen. Dabei liegt, wie Messungen mit dem Kathodenstrahl-Oszillographen zeigen, der Zeitpunkt des Überschlages irgendwo auf dem Rücken der Spannungswelle (9) und kann z. B. bei Spitze—Spitze bei einem Spannungswert eintreten, der unterhalb der 60 Hz-Überschlagspannung liegt. Bei Steigerung des Höchstwertes rückt der Überschlagzeitpunkt näher an die Stirn und fällt schließlich in diese, so daß der Überschlag die Spannungswelle abschneidet (Abb. 7). Der Grenzwert des Höchstwertes der Welle ist die Maximalspannung. Die Prüfung geschieht im allgemeinen mit der Minimal-Stoßspannung. Da bei der Minimalspannung die Zeitverzögerung sehr groß ist in bezug auf die Anstiegzeit der Welle, so genügt im allgemeinen (für Wellen mit $CR > 10\,\mu s$) zur Charakterisierung der Welle die Angabe der den Rücken bestimmenden Zeitkonstante. Einflüsse der Stirnlinie müssen mit flachen Wellen besonders untersucht werden. Für $CR < 10\,\mu s$ ist die eindeutige Bestimmung der Wellen schwierig. In Amerika wird als besonders charakteristisch das sog. Stoßverhältnis angesehen, das ist das Verhältnis des Höchstwertes der Minimal-Stoßspannung zur 60 Hz-Überschlagspannung.

Um eine einheitliche Prüfung zu erreichen, ist z. B. Peek (1, 9, 16) so vorgegangen: Er wählte zwei „Standardwellen", die 5-Mikrosekunden-Welle und die 20-Mikrosekunden-Welle (Bezeichnung nach der Zeit, die die Welle über ihrem halben Höchstwert sich befindet, „Halbzeit", entsprechend etwa einer Zeitkonstanten von 10 bzw. 67 µs). Diese Wellen ergeben an Isolatorenketten verschiedener Gliederzahl ein Impulsverhältnis von 1,8 ... 2,2, das dem bei Überspannungswellen, hervorgerufen durch Blitzvorgänge, entsprechen soll. Andere zu prüfende Anordnungen werden verglichen, indem man die Isolatorenkette als Vergleichsnorm benutzt (9). P. Sporn schlägt 3 Standardwellen vor von 10, 30 u. 90 µs Halbzeit, Anstieg in 0,25 µs (12); Cox und Beck schlagen eine Prüfwelle vor mit 43 µs Halbzeit und 2 µs Anstiegzeit (14 a); jedoch werden auch von amerikanischer Seite Bedenken gegen diese Standardwellen erhoben (13).

Abb. 8. Funkenverzögerung bei Stoßbeanspruchung mit nicht abfallendem (rechteckigem) Spannungsverlauf; Elektrodenabstand 6 cm. (Die Zeitangaben gehören zu den gestrichelt angedeuteten Endwerten der Spannung.)

In Europa hat man sich bisher auf eine bestimmte Wellenform nicht festgelegt. Man prüfte mit Wellen verschiedener Zeitkonstante (10).

Die nach der e-Funktion abfallenden Wellen haben für die Stoßprüfung manche Nachteile. Es ist nicht nachgewiesen, daß die wirklichen Gewitterspannungswellen diesen Charakter haben. Das gleiche Stoßverhältnis (dessen Messung auf der Freileitung mittels Klydonographen unsicher ist) und gelegentliche Übereinstimmung mit Oszillogrammen sind nicht überzeugend. Unsere Betrachtung läßt vielmehr ursprünglich symmetrische Formen der Spannungsbeanspruchung vermuten. Außerdem ist die Charakterisierung einer Anordnung durch das Stoßverhältnis unzureichend, und man muß unter Umständen eine Kette als Vergleich heranziehen (9).

Um das Verhältnis einer Anordnung gegenüber Stoßspannung eindeutig festzustellen, geht man zweckmäßig von einer Prüfung mit rechteckförmiger Spannungsbeanspruchung aus. Abb. 8 zeigt uns eine Zeitverzögerungskurve bei Beanspruchung mit nicht abfallendem Spannungsverlauf und sehr steiler Stirn (die Stirnlänge von etwa 0,1 µs kann gegenüber der Gesamtlänge der Spannungswelle vernachlässigt werden) nach Aufnahmen mit dem Kathodenstrahl-Oszillographen[6]. Die Schaltung hierzu ist eine normale Stoßschaltung mit großer Kapazität, d. h. fast horizontalem Wellenrücken und schwingungsfreiem Anschluß der zu prüfenden Anordnung (8). Es wurde jeweilig die Zeit bis zum Eintritt des Überschlages und damit Zusammenbruch der Spannungswelle gemessen. Die Streuung beträgt bei höheren Spannungen weniger als 1 µs. Die Minimalspannung, die man auf diese Weise erreicht, fällt annähernd mit der Gleichspannung zusammen; die dazu gehörige Verzögerungszeit liegt dann in der Größenordnung von 100 ... 1000 µs. Die Maximalspannung würde die gleiche wie nach der bisherigen Methode bestimmte unter Voraussetzung gleicher Stirnsteilheit. Umfangreiche amerikanische Messungen nach der gleichen

[5] DRP. 455 933.

[6] Diese Abbildung verdanke ich Herrn Dipl.-Ing. J. Lenz, Braunschweig.

Methode (14 b) an Hängeketten und Funkenstrecken bis nahe 2000 kV zeigen, daß in Luft die Funkenspannung für Zeiten größer als 10 µs von dem 60 Hz-Wert sich nur wenig unterscheidet, d. h. die Verzögerungscharakteristik ist nur wichtig im Bereich von 10 ... 1 µs, wo dann die Spannung z. B. bei Hängeketten um etwa 60 ... 80 % steigt (unter Öl sind dann die Verzögerungszeiten erheblich größer). Schon dies Ergebnis besagt, daß eine Stoßprüfung vor allem in diesem Bereich von 1 ... 10 µs Bedeutung hat.

Abb. 9. Rechteckwellen, die bei Elektrodenanordnung Spitze—Spitze gerade zum Überschlag führen. Die Spannung ist auf die 1 µs-Welle als Höchstwert bezogen.

Trägt man zur Übersicht die einzelnen Wellen, die gerade noch zum Überschlag führen würden, übereinander auf, so erhält man z. B. für die Anordnung Spitze—Spitze (eine Isolatorenstelle zeigt ähnliche Verhältnisse wie Spitze—Spitze) aus Abb. 8 die Abb. 9. Vergleicht man Abb. 9 mit Abb. 3, so wird der praktische Befund verständlich, daß vor allem die kurzdauernden Überspannungswellen hoher Spannung zum Überschlag führen. Der gestrichelte Spannungsverlauf in Abb. 5 gibt, wie erwähnt, die Spannungskurve mit höchstmöglicher Spannung wieder. Wenn diese nun bei einer bestimmten Höhe der höchstmöglichen Feldstärke nach Abb. 6 gerade noch zum Überschlag führt, dann werden bei langsamerer Entladung der Wolke und bei gleicher höchstmöglicher Spannung U_0 (gleiche Wolkenladung) die anderen Wellen nicht mehr zum Überschlag führen, da diese nicht entfernt ausreichen werden, bei der starken Ausdehnung der Rechteckspannungen mit sinkender Spannung entsprechende, zum Überschlag führende Beanspruchungen zu liefern. (Die einzelnen Kurven in Abb. 3 haben konstanten Flächeninhalt.) (Aus Abb. 8 erkennt man auch, daß bei unsymmetrischen Anordnungen das Impulsverhältnis von der Polarität nicht unabhängig ist.) Der Vergleich von Abb. 9 und 3 läßt erwarten, daß die Kenntnis der Verzögerung im Gebiete einiger Mikrosekunden wichtig ist. Dem entspricht die Wahl der „Standardwellen".

Um von Messungen mit dem Kathodenstrahl-Oszillographen frei zu werden, muß man versuchen, rechteckigen Spannungsverlauf (abgeschnittene Stoßwelle) in der Stoßprüfanlage zu erzeugen. Dies kann z. B. im Anschluß an die normale Stoßschaltung in früher hier angegebener Schaltung geschehen[7]. Diese Schaltung gestattet, Rechteckwellen beliebiger Höhe und beliebiger berechenbar[8] zeitlicher Ausdehnung mit einfachen Mitteln zu erzeugen. Man kann z. B. durch Regelung einer Funkenstrecke bei konstanter Wellenspannung den Abschneide-Zeitpunkt verändern und ist damit in der Lage, in einfacher Weise die Verzögerungscharakteristik aufzunehmen, indem man den Zeitpunkt soweit herausrückt, bis früher Überschlag an der Anordnung auftritt als an der Abschneide-Funkenstrecke.

Um eine möglichst steile Stirn zu erhalten, wird es unter Umständen zweckmäßig sein, die Vervielfachungsschaltung auf möglichst wenig Elemente und damit wenig Zwischenfunkenstrecken zu beschränken unter der Verwendung hoher Gleichspannung. Verfasser schlägt z. B. eine vollständige Stoßschaltung nach Abb. 10 vor, gezeichnet zur Erzeugung von Spannungen einseitig gegen Erde. Links ist eine Anlage zur Erzeugung hoher Gleichspannung mittels in Reihe geschalteter Ventilröhren, wobei die gleichmäßige Potentialverteilung in der Sperrperiode dadurch erreicht wird, daß die Spannungen der Zwischenpunkte durch die Spannungsteilungen der hochohmigen Widerstände $W_1 ... W_6$ ($10^6 ... 10^8\,\Omega$) geeignet festgelegt werden. Diese Schaltung wie gezeichnet für 400 kV gegen Erde ließe sich beliebig erweitern. Rechts ist die schwingungsfreie Stoßschaltung mit der Schaltung zur Begrenzung der Einwirkungsdauer der Stoßwellen (Erzeugung von Rechteckwellen) wie früher (8) beschrieben. Für die Erzeugung von Stoßwellen symmetrisch gegen Erde ist die Schaltung sinngemäß zu spiegeln.

Setzen wir voraus, wir hätten die Maximalspannung[9] eines Isolators sowie durch einige Rechteckstöße verschiedener Zeitdauer seine Verzögerungscharakteristik für eine bestimmte Polarität in dem wichtigen Bereich von 1 ... 10 µs festgestellt, so ist die Frage: was läßt sich auf Grund dieser Prüfung über seine Festigkeit gegenüber induzierten Gewitterüberspannungen aussagen? Nach Abb. 3 ist die zeitliche Ausdehnung der höchstmöglichen Welle gleich $L/2 \cdot 1/v$. Nehmen wir eine Wolkenlänge von etwa 2000 m an (mit größeren Längen wird man praktisch kaum zu rechnen haben), so wird $L/2 \cdot 1/v = 3{,}33$ µs. Es wäre also nach dem Höchstwert der 3 µs-Rechteckwelle der Prüfung zu fragen; ist diese z. B. 1000 kV, so wird man annehmen können, daß alle induzierten Gewitterspannungen unter 1000 kV Höchstwert nicht gefährlich sein werden. Ferner kann man sagen, bei einer Leitungshöhe von 10 m werden nach Abb. 6 alle Gewitter in einer Entfernung größer als 2 km keine Bedeutung haben. Eine Kenntnis der Verzögerungscharakteristik gibt auch Aufschluß über die nach Überschlag auf die Leitung noch in die Station einlaufenden Wellen.

P Prüfkörper F_Z Zündfunkenstrecke
F_A Abschneide-Funkenstrecke

Abb. 10. Schaltung zur Erzeugung von Stoßspannungen mit steiler Stirn und rechteckigem Verlauf einseitig gegen Erde.

Eine genaue Kenntnis der Verzögerungscharakteristik ist auch wichtig für den europäischen Standpunkt in bezug auf die Schutzmaßnahmen. Eine Stoßprüfung mit Rechteckwellen sagt zunächst nichts Genaues aus über das Verhalten einer Anordnung bei anders gearteten Wellenformen. Es muß untersucht werden, welche Wellenform einer bestimmten Rechteckwelle gleichwertig ist; unter Umständen wird das von der Anordnung abhängen. In bezug auf die e-Funktion-Spannungsform läßt sich sagen, daß eine Prüfung mit steil abfallendem Rücken (Zeitkonstante in der Größenordnung von 10 µs) mehr Bedeutung hat als mit sehr flachem Rücken (Zeitkonstante sehr groß gegen 10 µs).

Auf Grund der Ergebnisse können wir den Vorschlag machen, zur Vereinheitlichung der Stoßprüfung Rechteckwellen zu wählen, unter Umständen eine Einheitswelle im Bereich von 3 ... 10 µs zeitlicher Dauer. Es ist zweckmäßig die Vereinheitlichung so zu wählen, daß sie den weiteren Ergebnissen der Gewitterspannungsforschungen angepaßt werden kann.

Der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft, die mir die Möglichkeit zu wissenschaftlicher Arbeit gab, gebührt mein Dank.

Literatur-Verzeichnis.

1. F. W. Peek jr., Lightning and its effect on the design of transmission lines and apparatus from the economic and engineering standpoint. Gesamtberichte 2. Weltkraftkonferenz Bd. 14, Berlin 1930.
2. A. Matthias, Gewitterforschungen und Blitzschutz. Gesamtberichte 2. Weltkraftkonferenz Bd. 14, Berlin 1930.
3. K. Berger, Die ersten Beobachtungen des Verlaufs von durch Gewitter verursachten Spannungen in Mittelspannungsnetzen mittels des Kathodenstrahl-Oszillographen des S. E. V. Bull. SEV Bd. 20, S. 321 (1929). Überspannungen in elektrischen Anlagen. Bull. SEV Bd. 21, S. 77 (1930).
4. A. Matthias, Gewittereinflüsse auf Leitungsanlagen. ETZ 1927, S. 1477.
5. M. Toepler, Zur Bestimmung der Funkenkonstanten. Arch. El. Bd. 18, S. 549 (1927).

[7] ETZ 1931, S. 110, Abb. 20.

[8] Es wurden z. B. bei einer berechneten Einstellung der Schaltung auf 5,15 µs zeitliche Länge der Rechteckwelle und 117 kV Höchstwert im Oszillographen die Zeiten beobachtet: 6,2 µs, 6,7; 4,7; 5,4; 5,4, Mittelwert 5,7 µs und bei 39,8 berechneter Einstellung und 117 kV Höchstwert: 30 µs; 36,8; 36,8; 33,5; 40. Mittelwert 35,4 µs.

[9] Es ist auch vorausgesetzt, daß der Isolator bis zu seiner Maximalspannung belastet werden kann, ohne durchzuschlagen. Er wird dann durchschlagsicher sein für alle Wellen, deren Steilheit kleiner als die der Prüfwelle ist; diese liegt aber mit 0,1 µs Anstiegdauer weit unter den praktisch vorliegenden Anstiegzeiten.

6. W. Schilling u. J. Lenz, Über die Stirnform und die Absenkung der Stirnsteilheit bei durch Funken in Luft ausgelösten Wanderwellen. ETZ 1930, S. 1138.

7. P. Sporn u. W. L. Lloyd, Überspannungen in einem 132 kV-Netz. J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 49, S. 259 (1930); Referat: ETZ 1931, S. 179.

8. W. Schilling u. J. Lenz, Der Spannungsverlauf bei der Stoßprüfung nach Aufnahmen mit dem Kathodenstrahl-Oszillographen. ETZ 1931, S. 107.

9. F. W. Peek jr., Dielectric phenomena in high voltage engineering, New York 1926.

10. Harald Müller, Dar Verhalten der Isolatoren gegen Überspannungen verschiedenen zeitlichen Ablaufs. Mitt. Hermsd.-Schomb. H. 53/54, 1930.

11. H. Norinder, Some electrophysical conditions determining lightning surges. J. Franklin-Inst. Bd. 205, S. 747 (1928).

12. W. Weicker, Systematische Isolierung für Hochspannungsanlagen. Bericht über: A symposium on rationalization of system insulation. El. World, Juli 1930 (versch. Verf.), Helios Bd. 37, S. 77 (1931).

13. C. L. Fortescue, A. L. Atherton u. J. H. Cox, Theoretical and field investigations of lightning. Transact. Am. Inst. El. Engs. Bd. 48, S. 449 (1929).

14. Symposium on lightning, Transact. Am. Inst. El. Engs. Bd. 49, S. 857 bis 948 (1930).

a) J. H. Cox u. E. Beck, Lightning on transmission lines, S. 857.
b) J. J. Torok, Surge characteristic of insulators and gaps, S. 866.
c) R. N. Conwell u. C. L. Fortescue, Lightning laboratory of Stillwater, New Jersey, S. 872.
d) R. H. George u. J. R. Eaton, Lightning voltages on transmission lines, S. 877.
e) K. B. McEachron, J. G. Hemstreet u. W. J. Rudge, Traveling waves on transmission lines with artificial lightning surges, S. 885 und 3 weitere in 1. angegebene Arbeiten.

15. C. L. Fortescue, Rationalization of station insulating structures with respect to insulation of the transmission lines. Transact. Am. Inst. El. Engs. Bd. 49, S. 1450 (1930).

16. F. W. Peek jr., The effect of transient voltages on dielectrics IV: Law of impulse sparkover and time lag. — Relative effects of different wave shapes. — Comparison of lightning waves and laboratory waves. — Coordination of line insulation. Transact. Am. Inst. El. Engs. Bd. 49, S. 1456 (1930).

17. An 15. und 16. anschließend 5 weitere Arbeiten zur Frage der systematischen Isolierung von Hochspannungsanlagen: Transact. Am. Inst. El. Engs. Bd. 49, S. 1470...1491 (1930).

18. E. Flegler, Der Blitzschlag in Hochspannungsanlagen und seine Folgen. ETZ 1931, S. 129.

19. F. Grünewald, Das Verhalten der Freileitungsisolatoren unter der Einwirkung hochfrequenter Schwingungen. ETZ 1921, S. 1377.

20. W. Bucksath, Elektrische Stoßprüfung von Porzellanisolatoren. ETZ 1924, S. 943.

21. Erwin Marx, Die Überschlagspannung an Isolatoren bei verschiedenem zeitlichen Spannungsverlauf der angelegten Spannung. Mitt. Hermsd.-Schomb. H. 17, 1925.

22. M. Toepler, Über die Versuchsanordnungen über die Stoßprüfung mit steilsten Spannungsstößen. Mitt. Hermsd.-Schomb. H. 9, 1924.

23. L. Binder, Wanderwellenvorgänge auf experimenteller Grundlage, Berlin 1928.

Die Entwicklung der Meßeinrichtungen für Hochspannung*.

Von Prof. Dr.-Ing. **Georg Keinath**. Berlin.

(Schluß von S. 1565.)

c) Verwendung von Nickel-Eisen-Legierungen[9]: Es war schon seit einer Reihe von Jahren bekannt, daß sich bei der Legierung von Eisen und Nickel sehr hohe magnetische Leitfähigkeit ergeben kann. Nickel ist bekanntlich auch bereits für sich magnetisch, wenn auch weniger stark als Eisen. Führt man nun alle Legierungen zwischen 100 % Nickel und 100 % Eisen durch, so findet man, daß die Permeabilität dieser Legierungen bei 78,5 % Nickelgehalt ein sehr ausgesprochenes Maximum hat, das viel höher liegt, als es mit technischem Eisen zu erreichen ist. Die erste dieser inzwischen allgemein bekanntgewordenen Legierungen führte den Namen „Permalloy"; sie besteht aus 78,5 % Nickel und 21,5 % Eisen mit nur unbedeutenden Verunreinigungen. Die Permeabilität dieser Legierung ist 10 ... 20mal höher als die von gewöhnlichem Eisenblech, sie erreicht Werte von 50 000 ... 100 000.

Nachdem bei jedem Stromwandler die Fehlergrößen umgekehrt proportional der Permeabilität sind, lag es nahe, das neue Material „Permalloy" für den Eisenkern zu verwenden. Obwohl „Permalloy" seit bereits 15 Jahren bekannt ist und zuerst für die Kabeltechnik zum Armieren verwandt wurde, hat es doch für den Stromwandlerbau keine Verwendung gefunden. Das hat verschiedene Gründe. Einer ist der sehr hohe Preis des Materials, der in der Größenordnung von 10 ... 15 RM und mehr beträgt. Das ist aber nicht ausschlaggebend, wenn man damit neue technische Fortschritte erreichen kann, um so mehr, als sich an anderen Stellen wieder Ersparnisse erzielen lassen. Viel wichtiger ist die schwierige Reproduzierbarkeit des Materials, mit anderen Worten: die hohe Empfindlichkeit des „Permalloy" auf genaue Einhaltung der thermischen Behandlung, d. h. der Glühung. Des weiteren möchte ich hier gleich noch auf eine weitere unangenehme Eigenschaft dieser Legierung aufmerksam machen, nämlich die außerordentliche Empfindlichkeit auf mechanische Behandlung. Es ist schon von gewöhnlichem hochlegiertem Eisenblech bekannt, daß man seine Permeabilität, insbesondere die Anfangspermeabilität, auf die es beim Stromwandler ankommt, schon durch das Werfen der Blechtafeln, wie es beim Verladen vorkommt, um 10 ... 20 % verschlechtern kann. Bei diesen hochgezüchteten Nickel-Eisen-Legierungen ist dieser Einfluß aber noch viel größer. Man mußte deshalb nach neuen Legierungen suchen, um die unangenehmen Eigenschaften des neuen hochwertigen Materials zu vermeiden. Einen Weg in dieser Richtung ist der verstorbene Geheimrat Gumlich gegangen, indem er Mangan als dritte Komponente beimischte. Dadurch werden zwar die magnetischen Eigenschaften heruntergedrückt, die Legierungen aber wesentlich stabiler gemacht. Andere englische Hersteller haben statt Mangan Kupfer beigemischt mit demselben Erfolg. Die Legierung „Mumetall" ist beispielsweise aus 76,7 % Nickel, 5,2 % Kupfer, 15,5 % Eisen und nur 2,2 % Mangan zusammenlegiert. Die ausgesprochenen Manganlegierungen nach Gumlich und Mumetall haben immer noch mit „Permalloy" gemeinsam, daß sie sehr sorgfältig legiert und sehr sorgfältig thermisch behandelt werden müssen, auch sind sie noch immer sehr empfindlich auf mechanische Mißhandlung.

Abb. 6. Permeabilität in Abhängigkeit von der Liniendichte für verschiedene magnetische Materialien.

Abb. 7. Permeabilität in Abhängigkeit von der Feldstärke.

Auch diese Materialien sind noch immer sehr teuer. Trotzdem können sie für hochwertige Stromwandler zur Anwendung kommen.

---

* Vortrag, gehalten im Elektrotechnischen Verein am 31. III. 1931. — Besprechung des Vortrags s. S. 1606.

[9] Th. Spooner, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 45, S. 540 (1926); J. Scient. Instr. Bd. 3, S. 58; Wiggins, The El. Journ. Bd. 26, S. 152 (1929); Spilsbury u. Arnold, J. Inst. El. Engs. London Bd. 68, S. 889 (1930).

In Abb. 6, 7, 8 sind die Magnetisierungskurven von Gumlich-Legierung und Mumetall gezeigt, wie sie sich ungefähr in der Fabrikation ergeben[10]. Das neue Material kann nicht ohne weiteres anstatt gewöhnlichen Eisens in ein billiges Wandlermodell eingesetzt werden, man würde dabei sehr unwirtschaftlich verfahren, es muß sozusagen „mit Verstand" verwandt werden, genau so wie Kobalt-Chrom-Stahl. Es lassen sich aber dann außerordentlich hohe Genauigkeiten erzielen, z. B. kann man mit 3000 AW Normalwandler herstellen, die ebenso genau sind wie die besten Präzisionswiderstände, d. h. einen Stromfehler von nicht mehr als 0,01 ... 0,02 % und einen Winkelfehler von nicht mehr als 1 ... 2′ aufweisen, Werte, die man nur mit sehr großer Mühe mit Widerständen bei hoher Stromstärke erzielen kann.

Abb. 8. Liniendichte in Abhängigkeit von der Feldstärke.

Abb. 9. 150 kV-Stromwandler (350 kV Prüfspannung), schematisch dargestellt in der Ausführung als Topfwandler und als Stützerwandler (Siemens & Halske).

Abb. 10. Dreifach umschaltbarer Stützerstromwandler für 220 kV Betriebspannung. Wandlersystem ohne Sockel und ohne Isoliergefäß.

Begnügt man sich mit der normalen Genauigkeit, so gestatten die neuen Eisen-Nickel-Legierungen, daß man die AW-Zahl viel weiter herabsetzen kann, als es früher möglich war, daß man z. B. Stabwandler für nur 100 A Nennstrom in der Klasse 0,5 baut oder Wickelwandler mit nur 200 ... 300 AW, die außerordentlich hohe thermische und dynamische Festigkeit, aber kleine Überstromziffer aufweisen.

Einen Nachteil hat allerdings dieses Material auch, der jedoch nur in Ausnahmefällen zur Geltung kommt, nämlich die frühzeitige Sättigung. Die Liniendichte kann nicht höher als 5 ... 7000 Gauß steigen, erreicht also nur ⅓ des Wertes der Sättigung von hochlegiertem Eisen. Wenn es also darauf ankommt, daß ein Wandler bis zu einem hohen Vielfachen des Nennstromes übersetzt und beim Nennstrom noch hohe Leistungen abgeben muß, wird man auf das gewöhnliche Material zurückgreifen müssen.

d) Schleifenwandler: Auf diesem Gebiet sind verhältnismäßig geringe Fortschritte zu verzeichnen. Der Schleifenwandler für hohe Spannungen ist durch einen hohen Materialaufwand im Preis benachteiligt, technisch ferner dadurch, daß bei ihm sehr hohe Sprungwellenspannungen zwischen den Windungen auftreten, die man nicht grundsätzlich beseitigen kann. Für niedrige Betriebspannungen, bis zu 30 kV, sind in den letzten Jahren auch Schleifenwandler mit Porzellanisolierung durchgebildet worden, die billiger sind als solche mit Hartpapierisolierung. Sie haben viel größere Windungslänge als der Querlochwandler, deshalb ist auch die Sprungwellenbeanspruchung, die proportional mit der Windungslänge steigt, viel größer. Die neueste Konstruktion dieser Porzellan-Schleifenwandler (AEG)[11] benutzt den Spaltkern, um mit kleiner AW-Zahl auszukommen und die dynamische Festigkeit zu erhöhen.

e) Querlochwandler: Auch auf diesem Gebiete haben die letzten fünf Jahre nichts grundsätzlich Neues gebracht. Es ist lediglich die bisherige Konstruktion wesentlich verbessert worden, so daß die gleichen Modelle, die bisher nur mit 30/50/70 kV geprüft wurden, jetzt mit 42, 64, 86 kV der Spannungsprobe unterzogen werden. Das Modell wird überall dort verwendet, wo bei hohen Kurzschlußströmen unbedingte Feuersicherheit verlangt wird. Es wird nicht nur als Durchführungstype, sondern auch als Topftype gebaut. Den verschiedenen Anforderungen an Überstromsicherheit und verschieden große Leistung wird dadurch entsprochen, daß man die Kernpackung verschieden groß nimmt. Es gibt dabei Modelle mit 32, 65, 130 mm Kernhöhe, deren Leistung sich wie 1 : 2 : 4, entsprechend der Packungshöhe, verhält.

f) Topfwandler: Das Kennzeichen dieses Modelles ist ein Eisentopf mit dem eigentlichen Wandler und ein eingesetzter Durchführungsisolator. Es war bis vor wenigen Jahren sozusagen der normale ölisolierte Stromwandler für alle Spannungen. Er wurde bis zu 150 kV Nennspannung gebaut, amerikanische Ausführungen bis zu 220 kV Nennspannung. Mit steigender Spannung nehmen aber diese Wandler sehr große Abmessungen an, wie grundsätzlich aus Abb. 9 zu sehen ist. Insbesondere wird die Bauhöhe sehr groß, weil sie den vollen Abmessungen einer Durchführung, vermehrt um die Abmessungen des eigentlichen Wandlers, entsprechen muß. Der 150 kV-Wandler mit 350 kV Prüfspannung hat z. B. in guter Übereinstimmung zwischen den verschiedenen Erzeugnissen eine Gesamthöhe von etwa 5,2 m, die Ausführung für 220 kV muß eine Höhe von über 8 m aufweisen. Dementsprechend sind dann auch der Preis und das Gewicht solcher Wandler sehr hoch, ohne daß dieser große Materialaufwand durch Erzielung besonders hoher Genauigkeit gerechtfertigt wäre.

g) Stützerwandler: Mit der Durchbildung des Kreuzring-Stromwandlers erhielt dieser schließlich infolge seiner außerordentlich günstigen Spannungsverteilung sehr kleine Abmessungen, wie das bereits aus Abb. 9 zu sehen ist. Die Einhaltung einer Prüfspannung von 240 kV hatte schon nicht die geringsten Schwierigkeiten geboten, dabei konnte der Wandler mit jeder Fabrikationsserie immer kleiner gemacht werden. Es lag schließlich nahe, den Wandler innerhalb eines Stützisolators unterzubringen, um auf diese Weise die Abmessungen mit einem Schlage ganz beträchtlich zu vermindern, wie Abb. 10 zeigt. Während der Wandler der Reihe 150 als Topftype 2500 ... 3000 kg wiegt, ist es bei der Stützerkonstruktion möglich, mit nur 900 kg die gleiche Sicherheit bei gleicher Meßleistung und Genauigkeit zu erreichen. Die erste Wandlerserie der Reihe 200 von Siemens & Halske, in einer Anzahl von 87 Stück hergestellt (Abb. 10), wog noch 3000 kg. Sie war außerordentlich sicher bemessen, denn es war auch mit 750 kV bei einer Transformatorleistung von 800 kW nicht möglich, den Wandler durchzuschlagen. Die lichte Weite des Isolators für diesen Wandler betrug noch 900 mm, heute ist es möglich, 460 kV Prüfspannung mit Sicherheit mit einem Isolator von nur 540 mm l. W. zu erreichen, so daß das Gesamtgewicht des Wandlers auf etwa 1500 kg heruntergeht, das ist die Hälfte der ersten Ausführung. Auch dieser Wandler war im Laboratorium 8 h lang mit 460 kV unter Spannung, ohne daß irgendeine Störung auftrat. Damit ist eine Type von Stromwandlern für Höchstspannungsanlagen geschaffen worden, die sicherlich von keiner anderen an Genauigkeit und Spannungssicherheit übertroffen werden kann.

h) Kaskadenstromwandler: Bevor man den Mut und die Erfahrung hatte, Stromwandler von über 240 kV Prüfspannung herzustellen, hat man erstmalig bereits im Jahre 1920 versucht, Kaskadenstromwandler zu bauen durch Serienschaltung mehrerer Wandler für gleiche Spannung.

[10] Siehe auch ATM, Archiv f. techn. Messen, Verlag R. Oldenbourg, Blatt Z 913—2.

[11] AEG-Mitt. 1929, S. 157.

Dabei ergab sich eine Reihe von grundsätzlichen Schwierigkeiten, nämlich die Erzielung einer geradlinigen Spannungsverteilung, die nicht so leicht ist wie beim Kaskaden-Spannungswandler, der ja magnetisch gesteuert ist, ferner die Summierung der Fehler durch mehrmalige Transformierung und schließlich das Erwärmungsproblem für den obersten der abgestuften Wandler. Trotzdem ist es aber doch schließlich unter Anwendung der letzten Fortschritte der Wandlertechnik gelungen, den Querlochwandler in befriedigender Weise in drei Gliedern für 240 kV Prüfspannung zu stufen, so daß man einen vollkommen trocken isolierten Stromwandler für Reihe 100 erhalten kann (Koch & Sterzel). Für die Reihe 200 sind von der gleichen Firma zwei Ölwandler, Reihe 100, in Kaskadenschaltung übereinandergesetzt worden[12].

II. Spannungswandler.

Bevor wir auf die verschiedenen Bauweisen eingehen, seien die verschiedenen allgemeinen Eigenschaften der Spannungswandler besprochen:

1. Genauigkeit.

Bezüglich der erreichbaren Genauigkeit gilt für Spannungswandler das gleiche wie für Stromwandler. Die Technik ist fortgeschritten, die Meßmethoden sind verfeinert worden, so daß es heute auch möglich ist, Spannungswandler der Klasse 0,2 % mit nur 10′ Phasenfehler für beliebig hohe Spannungen herzustellen. Hier gilt, ebenso wie beim Stromwandler, vielleicht noch mehr, daß hohe Genauigkeit, verbunden mit hoher Leistung, mit einer erheblichen Verteuerung des Meßwandlers verbunden ist. Für Spannungswandler geringer Genauigkeit besteht im allgemeinen so gut wie gar kein Interesse; besonders bei hohen Spannungen ist der Preis im wesentlichen durch die Isolation und erst in zweiter Linie durch den Eisenkern und die Wicklung bedingt. Man erhält in der Regel damit zu hohe Leistung und zu hohe Genauigkeit, sofern man nicht auf das Kaskadenprinzip zurückgreift.

2. Sekundärleistung.

Die Reichsanstalt hat für beglaubigungsfähige Typen (sog. „E"-Wandler) als Mindestleistung 30 VA vorgeschrieben, und es ist dies auch die allgemeine Forderung. Wie erwähnt, entstehen bei hohen Spannungen keinerlei Schwierigkeiten, wenn man keine Stufenwandler verwendet. Nur bei den billigen Modellen für Spannungen von 6 ... 10 kV kann die Verminderung der Leistung von 30 VA auf 15 VA eine Verbilligung bringen. Verwendet man aber bei sehr hohen Spannungen nicht eigentliche Spannungswandler, sondern Vorwiderstände, Vorkapazitäten, Vordrosseln, so kann die Beschränkung auf nur 5 VA den Einbau der Spannungsmeßeinrichtung wesentlich billiger machen als bei Verwendung von Spannungswandlern mit hoher Leistung. Handelt es sich allein um den Anschluß von Zählern, die im Spannungskreis 1 bis höchstens 2 VA verbrauchen, so reichen 5 VA als gesamte verfügbare Leistung vollkommen aus. Leider wird in vielen Fällen von den Bestellern eine außerordentlich hohe Sekundärleistung gefordert, z. B. 1000 VA je Kern bei 0,5 % Genauigkeit. Es ist mir unverständlich, wozu man 3000 VA Leistung verwendet.

Bei Drehstromwandlern bestehen vielfach Unklarheiten über die Angabe bzw. Definition der Meßleistung, und es sind sicherlich schon in vielen Fällen viel zu teure Wandler beschafft worden. Man gibt die Leistung für die normale Betriebspannung an, d. h. für die Sternspannung, und hat klar anzugeben, ob sie sich nur auf einen Schenkel oder auf den gesamten Meßsatz mit drei Schenkeln oder drei Wandlern bezieht.

Auch für Spannungswandler sind in den neuen Meßwandler-Regeln des VDE eine Reihe von geänderten Bestimmungen getroffen worden.

3. Betriebspannung und Prüfspannung, Windungsprobe.

Während es früher üblich war, die Spannungswandler zwischen Hochspannungswicklung und Gehäuse mit der doppelten Betriebspannung zu prüfen, ist man vor einigen Jahren auf die Prüfspannung der Leistungstransformatoren gekommen, unter Anwendung der Formel: $1{,}75\,U + 15$ kV, und schließlich hat der VDE festgelegt, daß Spannungswandler ebenso zu prüfen sind wie Stromwandler nach der Formel $2{,}2\,U + 20$ kV. Man hat dabei im Auge gehabt, die Schaltanlagen durch Weglassen der bisher für Spannungswandler eingebauten Sicherungen und Strombegrenzungs-Widerstände zu vereinfachen und durch die dadurch bedingte Raumersparnis auch zu verbilligen.

Neben dieser Spannungsprobe ist noch die Windungsprobe vorzuschreiben, die man üblicherweise mit der 2- bis 2,5fachen Betriebspannung ausführt, also z. B. bei dem Wandler der Reihe 10 mit 25 kV, selbstverständlich mit höherer Frequenz.

Bei Wandlern, die zwischen Leitung und Erde geschaltet sind, lautet die Vorschrift dahin, daß der Isolator der Formel $2{,}2\,U + 20$ kV entsprechen muß, der eigentliche Wandler aber nur der Windungsprobe mit doppelter bzw. 2,5facher Nennspannung zu unterziehen ist.

4. Art der Isolierung.

Für niedrige Spannungen, etwa bis 3000 V, waren immer schon Trockenspannungswandler verwendet worden, in der Weise, daß man die ganze Spannungspule in mehr oder minder vollkommener Weise mit einem Lack oder

Abb. 11. Trockenspannungswandler für 10 kV.

einer Tränkmasse imprägniert. Für 6 kV und darüber sind bis vor kurzem alle Spannungswandler als Masse- oder Ölwandler hergestellt worden, Massewandler in der Regel nur für Betriebspannungen bis etwa 20 kV. Das hatte seinen Grund wohl darin, daß die beste Technik der Imprägnierung mit der Kompoundmasse erst in den letzten Jahren durchgebildet worden ist.

Abb. 12. Trockenspannungswandler für 10 kV im Schnitt. Ausführungen mit Scheibenwicklung und Lagenwicklung.

Öl hat vor allen anderen Isoliermitteln, vor trocken- oder masseisolierten Wandlern den großen Vorzug, daß es bei ziemlich hoher elektrischer Festigkeit die Wärmezirkulation innerhalb des Wandlers sehr begünstigt, inbesondere gestattet, mit hoher Sättigung zu arbeiten, also das aktive Material des Wandlers voll auszunutzen. Im Grunde genommen ist das bei Spannungswandlern immer noch lange nicht der Fall, denn sie erhitzen sich sehr wenig, jedenfalls weit unter die vom VDE festgelegten Erwärmungsgrenzen für Großtransformatoren.

In jüngster Zeit haben Koch & Sterzel und Siemens & Halske Trockenspannungswandler gebaut, die ganz ohne Öl arbeiten und deshalb bei einem Brande keine Gefahr bringen (Abb. 11, 12). Diese Idee muß auf den ersten

[12] S. Gründig, El. u. Maschinenb. Bd. 48, S. 633 (1930); Elektrizitätswirtsch. Bd. 29, S. 576 (1930); ETZ 1925, S. 726; W. Reiche, ATM Arch. f. techn. Messen, Blatt Z 287-1.

Augenblick bestechend erscheinen. Wenn es gelingen würde, in wirtschaftlicher Weise den Trockenspannungswandler durchzubilden, der alle guten Eigenschaften des Ölwandlers aufweist und nicht wesentlich teurer ist, so wäre damit sicherlich die Technik einen großen Schritt weitergegangen. Die Leistungsfähigkeit des Trockenspannungswandlers ist im wesentlichen durch die Eisenverluste begrenzt, im Gegensatz zum Ölwandler, bei dem durch die Ölzirkulation örtliche Erwärmungen ausgeglichen werden. Das bedingt eine weniger weitgehende Materialausnutzung beim Trockenwandler und er muß deshalb bei gleicher Leistung und gleicher Sicherheit teurer werden als der Ölwandler. Außerdem ist Porzellan bei gleicher Wandstärke der Papierisolierung in Ölwandlern an Durchschlagfestigkeit unterlegen. Bei einem Ölwandler bester Herstellung ist es möglich, für Reihe 10 die Windungsprobe mit 42 kV durchzuführen, die besten Ausführungen solcher Wandler halten sogar 60 ... 70 kV mehrere Stunden lang aus. Für die außerordentlich hohe Sicherheit neuzeitlicher guter Öl-Spannungswandler ein Beispiel: Im Wandler-Laboratorium von Siemens & Halske wurde in diesen Tagen ein neuer 110 kV-Stützer-Spannungswandler durchprobiert, dessen normale Betriebspannung 63 kV ist. Die Windungsprobe wurde über die VDE-Regeln hinaus nicht 220, sondern 240 kV mit 150 Hz vorgenommen, aber nicht nur 5 min, sondern 8 h lang. Danach wurde an dem gleichen Wandler, den man nach einer solchen Probe als geschwächt ansehen müßte, die Spannung noch weiter gesteigert und 270 ... 300 bis 330 ... 360 kV je 1 min lang gehalten. Erst bei 400 kV, also bei der 6fachen Betriebspannung, erfolgte nach 25 s ein Überschlag. Derartige Ergebnisse lassen sich vorerst mit Trockenspannungswandlern nicht erzielen, man muß sich damit begnügen, daß bei einem eintretenden Defekt das Unheil immer auf den Wandler selbst beschränkt sein wird, insofern, als dieser allein zerstört wird.

5. Sprungwellensicherheit.

Hierüber ist das Folgende zu sagen:

Zunächst ist bemerkenswert, daß die Spannungswandler, trotzdem sie in ihrer Windungsisolierung sehr viel schwächer sind als die Leistungswandler, vergleichsweise keineswegs mehr Sprungwellenbeschädigungen als diese aufweisen. Man hilft sich in den neuesten besten Ausführungen dadurch, daß man etwa 3 % der Windungslänge am Anfang und am Ende der Wicklung durch mehrfache Papierisolierung der Leiter besonders gut schützt oder auch die Wicklung stark kapazitiv ausführt, sie in sehr breiten Lagen wickelt, um den Sprungwellen einen bequemen Weg zur Erde zu geben. Das erste Mittel, das Verstärken der Eingangswindungen, ist kein absolut sicheres, es kommen trotzdem noch Beschädigungen im übrigen Teil der Wandler vor. Aber auch das andere Mittel, die Erhöhung der Kapazität, ist ebensowenig ein universelles, denn man kann dadurch leicht mit irgendeiner Oberwelle in das Gebiet gefährlicher Resonanz kommen. Von der Verwendung von Schutzwiderständen vor den Spannungswandlern ist man wieder fast ganz abgekommen, ihr Wert ist ein sehr zweifelhafter, sie schützen mehr die Eingangswindungen als den mittleren Teil des Transformators. Aus diesem Grunde verzichtet man auf besondere Schutzeinrichtungen. Die Vorgänge im Innern der Spannungswandler sind noch nicht genügend aufgeklärt, und es bedarf dazu eines offenen Zusammenarbeitens der Verbraucher mit den Erzeugern. Es ist z. B. in den letzten zwei Jahren vielfach vorgekommen, daß Blitzschläge in allernächster Nähe von ungeschützten 100 kV-Kaskadenwandlern niedergegangen sind, ohne daß von 40 solchen Wandlern auch nur ein einziger defekt geworden wäre, während an anderer Stelle wieder Blitzschäden aufgetreten sind. Dabei läßt sich nur sehr selten feststellen, ob nicht ganz ungewöhnliche Betriebszustände geherrscht haben, ob nicht z. B. durch das Ziehen eines Trennmessers eine ungewöhnliche Spannungsbelastung der beiden anderen Leitungen aufgetreten ist. Wenn ein derartiger Fehler gemacht wird, kann er nur in den seltensten Fällen ermittelt werden. Man ist nicht nur bei Stromwandlern sondern auch schon bei den Spannungswandlern so weit gekommen, daß man verlangt, sie müßten jeden Betrieb und auch jede Betriebstörung aushalten, ohne daß ihnen selbst etwas passiert. Dabei kann man auch die größten Leistungstransformatoren, wie bekannt, nicht absolut sprungwellensicher bauen, obwohl bei ihnen die Isolation 10 ... 20-, sogar 30mal stärker ist als bei den Spannungswandlern. Es ist auch aussichtslos, durch Vergrößern der Abmessungen oder durch Erhöhung der Drahtstärke einen absolut sicheren Spannungswandler herzustellen. Man kommt damit auf Abmessungen, die absolut unwirtschaftlich sind, ohne dabei an die Sicherheit der auch noch nicht 100 % sicheren Leistungswandler zu kommen.

6. Bauweisen der Spannungswandler:

Lange Jahre hindurch haben die Spannungswandler in ihrem Aufbau mit den Leistungstransformatoren große Ähnlichkeit gehabt. Der Unterschied bestand nur in der Größe. Man hat nicht einmal darauf Rücksicht genommen oder sich zunutze gemacht, daß bei einem Spannungswandler die Kupferverluste verschwindend gering sind, daß man also in der Hochspannungswicklung auf Kosten der Wärmezirkulation die Isolierung verbessern könnte. Erst in den letzten Jahren ist darin ein Wandel eingetreten, u. zw. ist die Bauweise ausschlaggebend durch die Art des Anschlusses der Spannungswandler an das Netz beeinflußt worden.

Für die Spannungsmessung zwischen Leitung und Leitung wird immer noch bei allen Spannungen der altbekannte Topfwandler mit zwei Einführungsisolatoren benutzt, insbesondere für Zähleranschlüsse in Netzen bis zu 30 kV, also in der städtischen Verteilung der Transformatorenwerke. Hier ist es auch das zweckmäßigste Modell, weil man auch bei der Zählung für ungleich belastete Phasen mit zwei solchen Wandlern in V-Schaltung auskommt. Schon bei der Spannung von 70 ... 100 kV, aber noch viel mehr bei 150 oder gar 220 kV, kommt man mit dieser Bauweise auf sehr große Abmessungen und sehr hohe Preise, weil man zwei Durchführungen für die betreffende Spannung notwendig hat. Der Preis einer 220 kV-Durchführung ist aber in der Größenordnung von 10 000 RM (Freiluftausführung vorausgesetzt), so daß schon die Durchführungen für einen solchen Spannungswandler allein 20 000 RM kosten würden. Für einen ganzen Transformator kann man nochmals etwa das Doppelte rechnen, und so kommt man dann auf 40 000 RM für einen Spannungswandler alter Bauweise für 220 kV. Nun muß man aber mit Rücksicht auf den Selektivschutz dieser Hochspannungsnetze mit drei Wandlern gegen Erde arbeiten, wobei allerdings dann eine Durchführung bei jedem Wandler wegfällt. Immerhin würde eine Meßstelle an Spannungswandlern allein etwa 90 000 RM kosten. Rechnen wir noch für jeden Stromwandler der alten Topftype 20 000 RM dazu, so kommen wir für drei Strom- und drei Spannungswandler auf 150 000 RM. Eine interessante Illustration zu diesem Thema ist eine neue Veröffentlichung der Westinghouse Co.[13], in der beschrieben ist, daß ein Satz von drei vollständigen Strom- und Spannungswandlern in gemeinsamem Topf, die in dem Umspannwerk Plymouth Meeting aufgestellt sind, nicht weniger als 189 000 kg wiegt. Rechnet man mit einem Preis von nur 2 RM/kg, der dem großen Ölaufwand von 45 000 kg für einen dieser Wandler entspricht, so kommt man auf etwa 400 000 RM Gestehungskosten für eine solche Meßstelle. Das sind Preise, die sich nur Amerika leisten kann; es werden aber auch dort nur sehr wenig solche Wandler verwendet.

Für die Messung: Leitung gegen Erde, von der schon gesprochen wurde, hat man den Stützerspannungswandler entwickelt, bei dem die teure Durchführung wegfällt. Man hat dabei von der Verteilung der Spannung in einzelne Glieder Gebrauch gemacht, u. zw. hat Pfiffner derartige Spannungswandler schon 1922 für Spannungen bis 150 kV in Budapest hergestellt und vorwiegend nach Frankreich und Italien geliefert. Es tut der Priorität dieser Erfindung keinen Abbruch, wenn diese Spannungswandler infolge der unvollkommenen Imprägnierungstechnik sehr schlecht waren und zum allergrößten Teil außer Betrieb gekommen sind. Die mit solchen Kaskadenwandlern zu erzielenden Verbilligungen sind bei Spannungen von 150 ... 220 kV sehr erheblich. Man kommt für die letztere Spannung von 40 000 RM auf etwa 12 000 RM herunter.

Auch andere Hersteller haben sich bemüht, die Wandler für die höheren Spannungen zu verbilligen. Schon bei den Pfiffner-Transformatoren war die Mitte der Hochspannungswicklung mit dem Eisenkern verbunden, so daß also bei einem 40 kV-Wandlerglied die größte Spannung 20 kV betrug. BBC hat dann die Isoliermantel-Transformatoren als eingliedrige Type gebaut[14], und es sind in dieser Konstruktionsweise Wandler für Spannungen bis 150 kV in wirtschaftlicher Ausführung gebaut worden, die wesentlich größere Leistungen aufweisen, als sie mit dem Kaskadenprinzip erreichbar sind.

Neuerdings stellen auch Siemens & Halske einstufige Stützerspannungswandler, vorerst bis Reihe 150 her, die äußerlich den vorher genannten ähnlich sind, deren Aufbau aber verschieden ist, so daß sich besonders kleine Abmessungen und Gewichte bei hoher Sicherheit ergeben. Die vorhin erwähnte 8 h-Probe ist mit einem Wandler die-

[13] The Electric Journ. Bd. 28, S. 14 (1931).
[14] S. Meyerhans, ETZ 1930, S. 17.

ser Bauweise gemacht worden, dessen Gewicht nur rd. 800 kg beträgt.

Eine dritte charakteristische Ausführung von Spannungswandler ist der 5-Schenkel-Wandler, ebenso wie der Stützer-Spannungswandler nur zur Messung der drei Spannungen gegen Erde bestimmt und mehr als Wandler für Kraft- und Umspannwerke anzusprechen, weniger als Zählerwandler. Der 5-Schenkelwandler hat zunächst den magnetisch ganz unzulänglichen 3-Schenkelwandler ersetzt. Der 5-Schenkel-Wandler wurde dann besonders für Selektivschutz verwendet mit Wicklungen auf dem 4. und 5. Schenkel. Leider ist aber auch diese Lösung meßtechnisch nicht vollkommen einwandfrei. Vorzuziehen ist der 6-Schenkel-Wandler, besser gesagt, die Verwendung von drei Einphasen-Stützerwandlern mit zwei Sekundärwicklungen, eine davon zur Speisung von Meßgeräten und Zählern, die andere zur Speisung von Relais. Der 5-Schenkel-Wandler hatte lange Zeit den Vorteil geringen Preises gegenüber den anderen Konstruktionen, es scheint aber, daß dieser Vorteil wieder eingeholt worden ist durch die Verbesserung der Stützermodelle. Bei 150 und 220 kV spielt der 5-Schenkel-Wandler keine Rolle mehr wegen des hohen Preises der Durchführungen.

III. Andere Hochspannungs-Meßeinrichtungen.

Angesichts des hohen Preises der Spannungsmeßeinrichtungen bei Spannungen von 100 kV und darüber hat man sich seit einer Reihe von Jahren bemüht, billigere Spannungsmeßeinrichtungen zu schaffen. Eine dieser Lösungen ist die sogenannte „C-Messung", die Verwendung des Ladestromes eines Kondensators für die Spannungsmessung. Die meiste Verbreitung hat sie erlangt durch die Verwendung von Kondensatordurchführungen, wie sie ohnedies schon in vielen Schaltanlagen vorhanden sind. Es wurde dabei der Ladestrom des Kondensators über einen Transformator, der parallel zum letzten Belag der Klemme geschaltet ist, mit einem stromverbrauchenden Instrument gemessen. Dadurch ergibt sich eine sehr billige Spannungsmessung; leider aber ist sie nicht sehr genau, u. zw. deshalb, weil die Kapazität dieser Durchführung mit rd. 100 bis 200 cm noch viel zu klein ist, um nicht durch den Oberflächenwiderstand bei ungünstigen Umständen, namentlich bei Freiluftausführung, in Mitleidenschaft gezogen zu werden. Es sind zwar wesentliche Verbesserungen getroffen worden, man kann aber kaum eine größere Genauigkeit als ± 3 % erwarten. Die Hauptanwendung hat die „C"-Messung deshalb nur zur Synchronisierung und zur Erdschlußüberwachung gefunden. Hierfür hat sie sich aber sehr gut bewährt, und es sind eine große Anzahl solcher C-Synchronisierungen für Spannungen von 60 ... 220 kV seit Jahren im Betrieb. Wesentlich genauer wird die Messung, wenn man die hohen Kosten besonderer Kondensatoren aufwendet. Man hat in neuerer Zeit beispielsweise Porzellankondensatoren entwickelt und verwendet die Chubb-Schaltung zur Messung der Scheitelspannung, eicht aber das Instrument schließlich in Effektivwerten. Diese Einrichtung hat grundsätzlich den Fehler des Einflusses der Wellenform, aber von diesem Fehler sind auch die anderen „C"-Messungen nicht frei, sie werden nur in anderer Weise beeinflußt. Bei Verwendung von Kondensatordurchführungen wird man wohl kaum auf hohe Genauigkeit kommen, vor allem nicht zum Anschluß von Verrechnungszählern. Bei Verwendung von Porzellankondensatoren wird aber der hohe Preis solcher Ausführungen bald in die Größenordnung des Preises der Spannungswandler kommen, und man wird dann diese den Kondensatoren vorziehen. Ein weiterer Nachteil der „C"-Messung ist die geringe Leistung, die nur zu rd. 2 % der aufgenommenen Scheinleistung anzusetzen ist, also etwa 20 VA bei ± 1 % Genauigkeit bei rd. 1 kVA Scheinleistung.

Das Gegenstück zu der „C"-Messung ist die „L"-Messung, die Verwendung einer Drosselspule. Eine Ausführung dieser Art mit einer ungestuften Drossel ist von B i e r m a n n s für 220 kV vorgeschlagen und in den Wiss. AEG-Mitteilungen beschrieben worden. Die „L"-Messung hat vor der „C"-Messung den Vorteil geringerer Wellenformabhängigkeit, der große Scheinverbrauch kann praktisch kaum stören. Die ersten Ausführungen von Pfiffner waren auch bereits solche Drosselspulen, der Materialersparnis wegen als Kaskadendrosselspulen hergestellt. Erst durch das Zufügen von Überkopplungswicklungen ist dann der Kaskadenspannungswandler entstanden.

Schließlich ist noch die „R"-Messung zu erwähnen, der sog. Widerstandsspannungswandler von I m h o f[15], der in der Schweiz bereits mehrfach gebaut wurde. Es ist das nichts anderes als ein Hochspannungswiderstand, der wieder in einen mit Öl gefüllten Stützisolator eingebaut ist. Diese Einrichtung hat aber gegenüber der „L"- und „C"-Messung den großen Nachteil, daß die mit ihr verfügbare Leistung noch viel geringer ist, man kann bei 1 % Genauigkeit wegen der starken Erwärmung kaum über 10 VA Leistung kommen. Das scheint auch der wesentlichste Grund zu sein, weshalb sie sich in den letzten Jahren nicht eingebürgert hat.

Die Verhältnisse bei der „L"-, „C"- und „R"-Messung liegen keineswegs einfach, vielmehr sehr kompliziert. Meßeinrichtungen dieser Art sind nicht nur wirtschaftlich sondern auch wissenschaftlich interessant, es würde aber viel zu weit führen, auf die Einzelheiten einzugehen, so notwendig es auch war, sie als die wesentlichsten neuesten Konkurrenten der Spannungswandler kurz zu streifen.

Die Besprechung des Vortrages folgt auf S. 1606 dieses Heftes.

[15] S. Imhof, El. u. Maschinenb. Bd. 46, S. 1074.

Mitteilungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

Bekanntmachung über Prüfungen und Beglaubigungen durch die Elektrischen Prüfämter[1].

Nr. 307.

Auf Grund des § 10 des Gesetzes vom 1. VI. 1898, betreffend die elektrischen Maßeinheiten wird dem System 131 folgende Elektrizitätszählerform als Zusatz eingereiht.

Zusatz zu System 131, die Form J 6 P, Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom, hergestellt von der **Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft** in Berlin.

Berlin-Charlottenburg, den 21. X. 1931.

Der Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

P a s c h e n.

Beschreibung.

Zusatz zu System 131,

die Form J 6 P, Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom, hergestellt von der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft in Berlin.

Die Zähler der Form J 6 P sind eine abgeänderte Ausführungsform der durch die Bekanntmachung Nr. 287 vom 16. IX. 1930 (ETZ 1930, Heft 47) zur Beglaubigung zugelassenen Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom der Form J 6 ft des Systems 131. Sie können als Zweileiterzähler in ein- und zweipoliger Schaltung für Nennstromstärken von 2,5 bis 15 A, für Nennspannungen bis 250 V und für Nennfrequenzen von 40 bis 60 Hz beglaubigt werden.

Die Zähler der Form J 6 P unterscheiden sich von denen der Form J 6 ft im wesentlichen dadurch, daß die Amperewindungszahlen der Hauptstromspulen und die Windungszahlen der Spannungsspulen herabgesetzt sind und daß die Drehzahl der Zähler durch Verwendung stärkerer Bremsmagnete erniedrigt ist.

Die untersuchten Zähler hatten bei Nennlast ein Drehmoment von etwa 5,4 cmg. Sie liefen bei induktionsfreier Belastung mit etwa 0,3 % des Nennstromes an. Das Ankergewicht wurde bei einem Zähler zu 28 g, die Drehzahl der Zähler bei Nennlast zu etwa 22 U/min festgestellt. Der Eigenverbrauch der Spannungspule betrug bei 110 und 220 V Nennspannung etwa 0,97 W, u. zw. bei der Frequenz 50 Hz. Der Eigenverbrauch des Hauptstromspulenpaares belief sich auf etwa 0,30 W bei 2,5 A und auf etwa 0,42 W bei 10 A Nennstromstärke bei der Frequenz 50 Hz.

[1] Reichsministerialblatt 1931, S. 787.

RUNDSCHAU.

Elektromaschinenbau.

Bestimmung der Endübertemperatur elektrischer Maschinen aus kurzzeitigen Erwärmungsversuchen. — Wenn die Erwärmungskurve einer Wicklung oder Maschine dem bekannten Exponentialgesetz folgt, so kann die Endübertemperatur aus dem Anfangsverlauf der Kurve errechnet und der Erwärmungsversuch dadurch abgekürzt werden. Am einfachsten ermittelt man die Endübertemperatur nach der Formel:

$$\tau_e = \frac{\tau_1}{2 - \frac{\tau_2}{\tau_1}}$$

τ_1 und τ_2 sind Übertemperaturen, welche, vom Beginn der Erwärmung an gerechnet, nach der Zeit t bzw. $2\,t$ gemessen werden. Es stellt sich jedoch heraus, daß die so ermittelten Endübertemperaturen den wirklichen Wert meist unterschreiten.

E. Hughes untersucht die Einflüsse, aus denen sich die Verschiedenheit zwischen errechneter und wirklicher Endübertemperatur ergibt, und kommt zu den folgenden Ergebnissen[1]:

Der Unterschied wird um so größer, je kürzer die Dauer des Erwärmungsversuches und je kleiner bei Maschinen die Umfangsgeschwindigkeit ist. Letztere bewirkt eine Änderung der Enderwärmung, ohne jedoch den Anfangsverlauf der Erwärmungskurve zu beeinflussen. Die Zunahme der Wärmeerzeugung einer Wicklung durch die Widerstandszunahme erhöht die Endübertemperatur und die Zeitzahl, verändert jedoch nicht den Exponentialcharakter der Erwärmungskurve. Dagegen ändert sich die Kurvenform durch die Veränderlichkeit der Wärmeabgabe bei Strahlung und natürlicher Konvektion in dem Sinne, daß die wirkliche Endübertemperatur niedriger wird als der vorausberechnete Wert. Künstliche Kühlung beeinflußt die Form des Temperaturverlaufes jedoch nicht. Die Zunahme der Wärmeleitfähigkeit der Isolation mit der Temperatur verringert die wirkliche Endübertemperatur gegenüber der Rechnung. Das Wachsen der spezifischen Wärme des Kupfers kann vernachlässigt werden. Ein kleiner Teil des Unterschiedes erklärt sich durch das Hineinrücken der heißesten Stelle nach dem Innenteil der Wicklung bei steigender Temperatur. Die Hauptursache der Abweichungen liegt darin, daß die einzelnen Teile einer Wicklung oder Maschine eine verschieden große Zeitzahl besitzen. Letztere wird um so kleiner, je besser die Wärmeabgabe ist.

Da auf Grund der vorstehenden Ursachen die oben genannte einfache Formel in den meisten Fällen versagt, bleibt, um bei einem Erwärmungsversuch den Energieverbrauch zu verringern und doch genaue Werte der Endübertemperatur zu erhalten, nach Meinung des Verfassers als einzige Möglichkeit, mit Überlast die Maschine oder Wicklung ungefähr auf die zu erwartende Temperatur zu bringen und dann mit normaler Belastung zu fahren, bis die Beharrungstemperatur annähernd erreicht ist. (E. Hughes, J. Inst. El. Engs. Bd. 68, S. 932.) *R. K.*

Turbogeneratoren für UdSSR. — In den letzten Jahren wurden von der russischen Handelsvertretung in Berlin der Firma Siemens-Schuckertwerke AG. 5 Dampfturbinen großer Leistung in Auftrag gegeben. Hiervon sind 3 Turbinen mit Siemens-Schuckert-Generatoren gekuppelt, für die übrigen zwei Turbinen wurden die Generatoren in der UdSSR angefertigt.

Der erste Satz mit einer Leistung von 44 000/55 000 kW befindet sich seit Januar d. J. im Kraftwerk Kaschira[2] im Betrieb, zwei weitere Sätze mit der Leistung von je 44 000/49 500 kW sind im Kraftwerk Sterstroj aufgestellt, und einer davon ist seit 16. IV. 1931 im Betrieb. Die letzteren zwei Sätze für eine Leistung von je 40 000/50 000 kW sind ebenfalls für das Kraftwerk Kaschira bestimmt und müssen bis zum 15. XI. 1931 bzw. 15. I. 1932 betriebsmäßig aufgestellt werden. Die der Firma vorgeschriebene Montagezeit von zwei Monaten ist bei der Aufstellung der Turbogeneratoren im Kraftwerk Sterstroj eingehalten worden.

Die obengenannte Leistung des im Kraftwerk Kaschira laufenden Turbogenerators von 44 000 kW, cos φ = 0,8, wird abgegeben entsprechend einem Dampfdruck von 25 at und einer Dampftemperatur von 375 ° C. Bei cos φ = 1 erhöht sich die Leistung auf 55 000 kW. Die Umdrehungszahl der Maschine beträgt 1500 U/min, hierbei beträgt die Generatorspannung 11 000 V. (Elektritschestwo 1931, Heft 11, S. 597.) *Brr.*

[1] Ähnliche Untersuchungen siehe R. Küchler, ETZ 1928, S. 1141; H. Osborne, ETZ 1930, S. 902; H. Jehle, ETZ 1930, S. 1167.

[2] Vgl. ETZ 1929, S. 665 u. 705.

Apparate.

Ein neuer Schutzapparat für Leitungen. — In einem Überblick über die gesamten Störungsursachen in Netzen werden drei Gruppen von Vorgängen unterschieden, deren Vermeidung bzw. Unschädlichmachung die Aufgabe eines Schutzapparates darstellt. Statische Ladungen können durch Kaskadenwandler und ähnliche Spulenanordnungen einwandfrei abgeführt werden. Gegen die Einwirkungen von Wanderwellen steiler Stirn- und Hochfrequenzentladungen bietet die Verstärkung der Isolationssicherheit

P_a	äußerer Belag	O	Öffnung
P_i	innerer „	R	Widerstand
I	Ionisationskammer	R_p	Parallelwiderstand
F	Funkenstrecke	V	Ventil
L	Leitung	E	Erde

Abb. 1. Schnitt durch den Schutzapparat „Corona".

ein wirksames, aber wirtschaftlich in seiner Anwendung begrenztes Mittel. Wanderwellen großer Amplitude werden durch Ableiter bekämpft, doch bietet die Begrenzung des Erdschlußstroms wie seine Löschung eine große Schwierigkeit. Der neu entwickelte Schutzapparat „Corona" vereinigt zwei Schutzprinzipien in einer gedrängten Anordnung[1]. Eine Reihendämpfung wird durch eine Drosselspule aus Eisendraht bewirkt, der ein Silitwiderstand von 500 Ω parallelgeschaltet ist[2]. Zwischen Leitung und Erde liegen ein Kondensator und eine neuartige Ableiteranordnung. Der Aufbau ist aus Abb. 1 zu ersehen.

Durch die räumliche Zusammenlegung von Kondensator und den anderen Schutzelementen werden die Umwegnachteile früherer Konstruktionen vermieden. (Der dadurch erzielte Erfolg bedarf mit Rücksicht auf den geringen Kapazitätswert der Nachprüfung. Anm. d. Berichterstatters.) Der Ableiter selbst besteht aus einer fest eingestellten Funkenstrecke F, einem Begrenzungswiderstand R und einer Vielfachfunkenstrecke in der Ionisationskammer I. Beim Ansprechen des Ableiters bewirkt die in I entwickelte Gasmenge eine Verschiebung des Ventils V, wodurch sich der Abstand der Funkenstrecke F vergrößert. Dadurch wird erreicht, daß der Funke nach Ableiten der Wellenladung abreißt, da die Betriebspannung nicht mehr ausreicht, um die vergrößerte Funkenstrecke zu durchschlagen. Die Gase entweichen durch eine Öffnung O, welche das Ventil bei höchstem Hub freigibt. Der Ableiter ist dann sofort wieder betriebsbereit. Der Widerstand R ist stark belastungsabhängig, was für die Anpassung des Ableitvorganges an die Beanspruchung erwünscht ist. Um die Wirkungsweise noch zu verbessern, wird in Anlehnung an bekannte Selbstschutzerscheinungen[3] an Höchstspannungsleitungen durch Raumladungsvorgänge von einer Vorionisierung der Funkenstrecke Gebrauch gemacht. Die

[1] Hersteller: Société „Le Parafoudre Universel Corona", Paris (11°), 14 rue Crespin-du-Gast.

[2] Vgl. G. Frühauf, Diss. T. H. Dresden 1930.

[3] El. World Bd. 79, S. 1058 (1922). ETZ 1922, S. 1342. J. J. Torok u. F. D. Fielder, Great Lakes District Meeting of the Am. Inst. El. Engs., Dez. 1929.

Vielfachfunkenstrecke besteht aus Aluminiumelektroden, welche durch Steatitscheiben getrennt sind. Letztere tragen in einer Rille eine Füllung eines nicht genauer bezeichneten radioaktiven Salzes[1]. Dadurch wird eine wirksame Vorionisierung erreicht, deren Auswirkung in einer Annäherung des Wertes der Löschspannung an die Zündspannung besteht. Die Abstände der Zwischenelektroden können vergrößert werden, wodurch die Gefahr der Verschweißung vermieden wird. Schließlich wurde noch eine Potentialsteuerung der Zwischenpotentiale unter Verwendung bekannter Hilfsmittel eingeführt. Diese Steuerung wirkt sich nicht nur auf die Zwischenpotentiale der Elektroden aus, sondern beeinflußt in günstiger Weise die Raumladungs- und Vorstromverhältnisse zwischen den Elektroden.

Durch diese bemerkenswerten Konstruktionsgedanken konnte ein Ableiter geschaffen werden, welchen folgende Meßergebnisse kennzeichnen: Nennspannung 10 kV, Büschelentladung bei 16 kV, Zündspannung 18 kV, Löschspannung 12 kV. Das Fehlen weiterer Versuchsergebnisse läßt keinen Schluß auf die betriebliche Verwendbarkeit zu. Vergleiche mit neueren Konstruktionen[2] anderer Bauweise werden nicht gezogen. (C. Franck, Rev. Gén. de l'El. Bd. 28, S. 441.) *Hlr.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

Das Korona-Voltmeter. — H. B. Brooks und F. M. Defandorf haben die Eignung des Korona-Voltmeters zur Messung der Scheitelspannung von Wechselstrom experimentell untersucht. Das Korona-Voltmeter besteht aus einem Zylinder vom Radius R, in dessen Achse ein Draht vom Radius r ausgespannt ist. Bei einer bestimmten Spannungsdifferenz zwischen Zylinder und Draht beginnt die Koronaentladung, die durch die charakteristische Lichterscheinung, ein bestimmtes Geräusch oder durch die Ionisation der Luft nachweisbar ist. Die Spannung U, bei welcher die Entladung beginnt, bestimmt sich aus der Gleichung

$$g = \frac{U}{r \ln (R/r)}.$$

Hierin wurde bisher g in der Form angenommen

$$g = A\,\delta + B\sqrt{\delta/r},$$

wo A und B Konstanten und δ ein Dichtigkeitsfaktor ist,

$$\delta = \frac{3{,}921\,P}{T},$$

wenn P der Druck und T die absolute Temperatur sind. Bei 25 ° C und 76 cm Druck ist $\delta = 1$. Nach den Untersuchungen der Verfasser gibt für nahezu sinusförmigen Wechselstrom folgender Ausdruck die Beobachtungen besser wieder:

$$g = A\,\delta + B\sqrt{\delta/r} - C/r,$$

wo

$$A = 27{,}95 \qquad B = 11{,}18 \qquad C = 0{,}365$$

ist. Der Meßbereich läßt sich durch Veränderung von δ, am bequemsten durch Änderung des Drucks variieren. Bei großen Änderungen des Meßbereiches wird zweckmäßig der innere Draht durch einen andern ersetzt. Die Berechnung wird durch ein von den Verfassern angegebenes Nomogramm vermieden, welches Abb. 2 zeigt. Man hat nur die entsprechenden Punkte der Druck- und Temperaturskala zu verbinden und liest dann direkt die Scheitelspannung oder die entsprechende effektive Spannung ab. Die Oberfläche des inneren Drahtes ist sorgfältig rein zu halten; dann stimmen die einzelnen Ablesungen auf 1 % überein. Die Genauigkeit ist also größer als diejenige der Funkenstrecke; dazu kommt die Unabhängigkeit von Einflüssen der Umgebung. Allerdings erfordert die Variierung des Drucks eine größere Hilfsapparatur. Das Nomogramm gilt für trockene Luft; wachsende Feuchtigkeit erhöht bei reinen Drähten die Koronaspannung, während sie bei verunreinigten Drähten die Spannung herabsetzt. (H. B. Brooks u. F. M. Defandorf, Bur. of Stand. J. of Research Bd. 1, S. 589.) *Br.*

Abb. 2. Nomogramm für die Auswertung der Meßergebnisse des Korona-Voltmeters.

Beleuchtung.

Sehvermögen bei Beleuchtung mit verschiedenen Lichtquellen. — Es ist bekannt, daß die Beleuchtung mit verschiedenen Lichtquellen auch unter sonst gleichen Verhältnissen verschiedene Sehbedingungen schafft. Die Kenntnis des Einflusses der verschiedenen Lichtquellen auf die Sehleistung ist für die Planung von Beleuchtungsanlagen sowohl in Fabrikbetrieben als auch in Büroräumen von Wichtigkeit. K. Y. Tang hat die Sehleistung bei Beleuchtung mit Tageslicht, Glühlampenlicht, Quecksilberdampflicht und gemischter Beleuchtung untersucht. Als Kriterium wird bei der ersten Untersuchungsreihe die Sehgeschwindigkeit, bei der zweiten die zur Ausführung einer bestimmten Sehaufgabe benötigte Zeit gewählt.

Die Ergebnisse, die durch Beobachtungen männlicher und weiblicher Versuchspersonen verschiedenen Alters gewonnen wurden, zeigen, daß offenbar bei den meisten Lichtquellen eine gewisse Grenze für die Sehgeschwindigkeit vorhanden ist, die auch bei Steigerung der Beleuchtungsstärke nicht mehr unterschritten werden kann und etwa bei $^{8}/_{1000}$ s liegt. Allerdings konnte diese Grenze nicht beobachtet werden bei Beleuchtung mit Quecksilberlicht und mit einem Gemisch aus Quecksilber- und Glühlampenlicht. Es steht jedoch dahin, ob nicht auch mit diesen Lichtquellen bei noch höheren Beleuchtungstärken, als untersucht worden sind, auch eine Sehgeschwindigkeitsgrenze erreicht wird.

Als günstigste Beleuchtungsart hat sich bei fast allen Versuchen Tageslicht ergeben; es folgt ein Gemisch aus allen drei Beleuchtungsarten. Es empfiehlt sich also, in Räumen, die dem Tageslicht zugänglich sind und doch auch bei Tage einer Beleuchtung bedürfen, Glühlampen- und Quecksilberlicht gemischt als Ergänzung der Tageslichtbeleuchtung zu wählen. Die Reihenfolge der übrigen Beleuchtungsarten ist bei den verschiedenen Beleuchtungstärken und in den beiden Versuchsreihen nicht ganz übereinstimmend. Für ausschließlich künstliche Beleuchtung hat sich in der ersten Versuchsreihe Glühlampenlicht, bei höherer Beleuchtungstärke ein Gemisch von Glühlampen- und Quecksilberlicht, in der zweiten Versuchsreihe das letztgenannte Gemisch als am günstigsten gezeigt. Die Wirtschaftlichkeitsfrage wird erwähnt, aber nicht näher untersucht. (K. Y. Tang, Transact. Ill. Engg. Soc. Bd. 26, S. 258.)
F. Bn.

Magnetisch haftende Leuchten. — Zwei neuartige transportable Leuchten, die „VDO-Magnetlampe" und die „Autopol-Magnetlampe" der VDO-Tachometer AG. bzw. der Metallwarenfabrik Hermann Franke, beide in Frankfurt a. M., erregten auf der letzten Automobilausstellung in Berlin durch ihre eigenartige Wirkungsweise und zahlreichen Anwendungsmöglichkeiten im praktischen Kraftwagenbetrieb besonderes Interesse. Diese Leuchten entnehmen mittels einer 3 ... 3,5 m langen Leitung der Kraftwagenbatterie den Strom, der zur Speisung der Glühlampe sowie eines im Lampenfuß eingebauten Elektromagneten benötigt wird. Durch den letzteren wird die Leuchte befähigt, an jedem Eisenteil des Wagens selbst bei stärksten Erschütterungen fest anzuhaften, u. zw. infolge der langen Leitung auch an den hintersten Wagenteilen. Versagt nun das Standlicht, Schlußlicht, die Nummernschildbeleuchtung, die Winkersignal- oder Sucherlampe, so

[1] R. van Cauwenberghe u. G. Marchal, Rev. Gén. de l'El. Bd. 27, S. 331 (1930).
[2] K. B. McEachron, Gen. El. Rev. Bd. 33, S. 92 (1930).

braucht man die Magnetleuchte lediglich auf die entsprechenden benachbarten Eisenteile aufzusetzen, um eines dieser Lichter zu ersetzen. In gleicher Weise sind die Magnetleuchten bei Reparaturen jeder Art am und unter dem Wagen, die nach Eintritt der Dunkelheit ausgeführt werden müssen, ferner beim Aufmontieren von Gleitketten, Abnehmen und Aufsetzen des Ersatzrades usw. verwendbar. Bei einer Ausführungsart[1] der Autopol-Magnetlampe sind Glühlampe und Magnetwicklung mittels eines Schraubschalters getrennt einschaltbar. Durch Ausschalten der Magnetwicklung erlischt die magnetische Adhäsion, so daß man die Leuchte von den Eisenteilen nicht abzureißen braucht und Beschädigungen lackierter Wagenteile durch Kratzer vermeiden kann; auch wird durch diese Doppelschaltung die nicht unbeträchtliche Magnetisierungsenergie in denjenigen Fällen erspart, wo die Leuchte nur als einfache Ableucht- oder Handlampe gebraucht wird. *Dtz.*

Bahnen und Fahrzeuge.

Aus dem Geschäftsbericht der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft über das 6. Geschäftsjahr 1930. — Im Berichtsjahr 1930 sind die ungünstigen Aussichten, die bereits im vorigen Bericht festgestellt wurden, Wirklichkeit geworden. Die Rückschläge, die die deutsche Wirtschaft im Jahre 1930 erlitt, haben sich auf die Reichsbahn in hohem Maße ausgewirkt, so daß eine erhebliche Verschlechterung des Verhältnisses zwischen Betriebseinnahmen und -ausgaben eingetreten ist. Die Sparsamkeitsmaßnahmen, die durchgeführt werden mußten, hatten zur Folge, daß der Umfang des elektrisch betriebenen Netzes sich nur wenig verändert hat. Nur in Berlin wurde auf dem 1,6 km langen Streckenabschnitt Kaulsdorf—Mahlsdorf, der besondere Vorortgleise erhalten hatte, gegen Ende des Jahres der elektrische Betrieb aufgenommen. Die gesamte Länge der elektrisch betriebenen Bahnen betrug am Ende des Berichtsjahres 1297 km Fernstrecken und 268 km Stadt- und Vorortstrecken, zusammen 1565 km = 2,9 % der gesamten Streckenlänge der deutschen Reichsbahn.

Der elektrische Ausbau wurde im Berichtsjahr nur auf einem kurzen Streckenabschnitt in Angriff genommen, nämlich auf der 31 km langen Strecke Nannhofen—Augsburg. Die Elektrisierung dieses Abschnitts erwies sich als notwendig, weil aus Gründen der Betriebsicherheit der Lokomotivwechsel auf dem kleinen Bahnhof Nannhofen auf die Dauer als nicht mehr durchführbar erschien. Ferner wurde die Elektrisierung des Stuttgarter Nahverkehrs auf den zusammen 27 km langen Strecken Stuttgart—Eßlingen und Stuttgart—Ludwigsburg vorbereitet. Die Ausbaukosten dieser beiden letztgenannten Strecken werden zum größten Teil aus einem Darlehen bestritten, das die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft vom württembergischen Staat zu günstigem Zinsfuß erhält. Die Bauarbeiten am Unterwerk Traunstein werden fortgeführt. Auf den schlesischen Gebirgsbahnen hat man Einrichtungen für die elektrische Heizung der Fernleitungen bei Frostwetter getroffen, wodurch der schädliche Ansatz von Rauhreif und Eis an den Leitungen vermieden werden soll.

Die Betriebsleistungen des elektrischen Gesamtbetriebs sind im Vergleich zu denen des Dampfbetriebs aus folgenden Zahlen ersichtlich.

Zahlentafel 1. Lokomotivkilometer insgesamt.

	Dampfbetrieb		elektr. Lokomotiven		elektr. Triebwagen	
	in 1000 km	%	in 1000 km	%	in 1000 km	%
1927	985 936	96,91	14 717	1,45	7 862	0,77
1928	1 022 549	96,29	17 256	1,63	12 365	1,16
1929	1 058 905	94,88	18 502	1,66	28 068	2,51
1930	993 750	94,16	18 548	1,76	31 844	3,02

Die seit 1928 sich bemerkbar machende Erhöhung der Kilometerleistung der elektrischen Triebwagen, die auf den Berliner Betrieb zurückzuführen sein dürfte, hat sich auch 1930, wenn auch in geringerem Maße, fortgesetzt.

Die geleisteten Nutzkilometer betragen:

Zahlentafel 2. Nutzkilometer insgesamt.

	Dampfbetrieb		elektr. Lokomotiven		elektr. Triebwagen	
	in 1000 km	%	in 1000 km	%	in 1000 km	%
1927	584 681	95,33	12 232	1,99	7 701	1,26
1928	617 085	94,46	14 439	2,21	12 154	1,86
1929	635 826	92,19	15 498	2.25	27 897	4,05
1930	613 494	91,43	15 462	2,30	30 976	4,62

[1] DRP. Nr. 521 642.

Am Ende des Berichtsjahres hatte die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft einen Bestand von 399 elektrischen Lokomotiven (1,7 % von 23 673 Stück des Gesamt-Lokomotivbestandes) gegenüber 388 (1,6 % von 24 089 Stück) im Vorjahr. Die Zahl der Triebwagen für Oberleitung oder Stromschiene betrug 927 Stück (gegen 889 Stück am Ende des Vorjahres). Im Jahresdurchschnitt waren an elektrischen Lokomotiven 393 Stück (1,7 % des Gesamt-Lokomotivbestandes für den Jahresdurchschnitt von 23 895 Stück) gegenüber 368 (1,5 % von 24 307) im Vorjahr vorhanden. Die Gesamtzahl der Triebwagen für Oberleitung oder Stromschiene betrug im Jahresdurchschnitt 894 Stück (gegen 828 Stück im Vorjahr).

Die aus den Bestellungen 1927 und 1928 am Schluß des Vorjahres noch ausstehenden 12 elektrischen Lokomotiven wurden in Betrieb genommen; ebenso die im Geschäftsjahr 1929 bestellten 4 Lokomotiven. Mit der Erteilung von neuen Aufträgen für elektrische Fahrzeuge mußte angesichts der bestehenden Geldknappheit größte Zurückhaltung geübt werden. Infolgedessen wurde auch die Ausmusterung verschiedener hierfür reifer Lokomotiven aufgeschoben und nur 2 Schnellzuglokomotiven, 4 Güterzuglokomotiven mit 4 Triebachsen und 4 Güterzuglokomotiven mit 6 Triebachsen, insgesamt also nur 10 elektrische Lokomotiven bestellt.

Der Berliner Verkehr hat sich durch die Elektrisierung im Vergleich zum Vorjahr erheblich erhöht. Die Zahl der beförderten Personen im Stadt-, Ring- und Vorortverkehr betrug im Berichtsjahr 23,44 % (= etwa 428,7 Mill) der Gesamtzahl der von der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft beförderten Personen (1829,3 Mill) gegenüber 21,48 % (= etwa 425,1 Mill) im Vorjahr (1980,3 Mill). Angesichts dieser Steigerung wurden 70 Triebwagen und 93 Beiwagen bestellt, wovon ein Teil bereits gegen Ende des Jahres in Betrieb genommen werden konnte. Für die Hamburger Vorortstrecken, auf denen die Zahl der beförderten Personen 5,59 % (= etwa 102,2 Mill) gegenüber 4,81 % (= etwa 95,2 Mill) im Vorjahr betrug, wurden 3 Trieb- und 3 Steuerwagen in Auftrag gegeben.

Bei einer Gesamtzahl von 43 297,6 Mill Personenkilometer im Berichtsjahr wurden im Stadt-, Ring- und Vorortverkehr in Berlin 11,90 % (= etwa 5152,4 Mill Personen-km) und im Stadt- und Vorortverkehr Hamburg-Altona 2,29 % (= etwa 991,5 Mill Personen-km) zurückgelegt. Im Vorjahr betrugen diese Zahlen bei einer Gesamtzahl von 47 088,3 Mill Personen-km für Berlin 10,81 % (= etwa 5090,2 Mill Personen-km) und für Hamburg-Altona 1,99 % (= etwa 937,0 Mill Personen-km).

Die Ausbesserungskosten bei einer elektrischen Lokomotive betrugen 16 557,3 RM (im Vorjahr 19 991,8 RM) und für einen Triebwagen 15 468,1 RM (im Vorjahr 16 964,1 RM). Zum Vergleich seien die Ausbesserungskosten für eine Dampflokomotive angeführt, die 12 781,6 RM (im Vorjahr 15 056,1 RM) betrugen.

Bezogen auf 1000 Lokomotivkilometer, stellen sich die Ausbesserungskosten für elektrische Lokomotiven auf 350,8 RM (im Vorjahr 397,6 RM), für 1000 km der Triebwagen auf 177,8 RM (im Vorjahr 206,8 RM) und zum Vergleich auf 1000 Lokomotivkilometer der Dampflokomotiven auf 302,2 RM (im Vorjahr 340,3 RM).

Auf Grund der Erfahrungen mit den verschiedenen Bauarten von Triebwagen wurde versucht, einen Einheitstriebwagen für elektrische Fernbahnen zu entwickeln, u. zw. einen Triebwagen für Hauptstrecken mit 18 t Achsdruck und 100 km/h Höchstgeschwindigkeit und einen Triebwagen für Nebenstrecken mit 16 t Achsdruck und 75 km/h Höchstgeschwindigkeit. Ferner wurden Entwürfe für die Triebwagen der zu elektrisierenden Stuttgarter Vorortstrecken vorbereitet. Versuche wurden mit einem Hochspannungs-Luftschalter vorgenommen, den man gegebenenfalls statt des bisherigen Ölschalters auf den elektrischen Triebfahrzeugen anwenden will.

Die Signalanlagen wurden auf zahlreichen Bahnhöfen durch Ausfahrvorsignale verbessert, ferner wurde eine größere Anzahl neuer Stellwerke an Stelle von alten und abgenutzten Anlagen eingebaut; insbesondere ist die Ausrüstung des Hauptbahnhofs München mit elektrischen Stellwerken beendet worden. Innerhalb der Bahnhöfe wurde die Sicherung der Fahrstraßen durch Einbau von Zungenriegeln, mechanisch-elektrischen Festlegungen und Flankenschutz-Einrichtungen erhöht. Ferner wurden selbsttätig wirkende Gleisfreimeldeanlagen zur Verhütung der Freigabe besetzter Gleise auf ungenügend übersichtlichen Bahnhöfen geschaffen. Die Sicherung von Bahnlinien durch elektrische Streckenblockung ist weiter ausgebaut worden. Es wurde damit begonnen, die Strecke Koblenz—Mainz und die dort verkehrenden Lokomotiven mit elektro-induktiven Übertragungseinrichtungen zur

Verhütung des Überfahrens von Haltesignalen auszurüsten. Zur Steigerung der Leistungsfähigkeit der Bahnhöfe Osterfeld-Süd, Düsseldorf und Dresden-Friedrichstadt wurden selbsttätige Ablaufstellwerke errichtet. Auf einigen besonders stark von Kraftwagen befahrenen Wegübergängen wurden vor der Kreuzung der Bahnstrecke selbsttätig wirkende Kraftwagen-Warnlichtsignale erprobt, die die Annäherung eines Zuges durch rotes Blinklicht ankünden. Die Versuche mit diesen Warnlichtern sind bisher zufriedenstellend ausgefallen.

Zur Verbesserung des Fernsprechnetzes wurden 24 Handämter durch Selbstanschlußämter ersetzt. Die Fernsprecheinrichtungen für Zugüberwachungszwecke, die im Vorjahr eingeführt worden waren, haben auf einigen Strecken, die bis an die Grenze ihrer Leistungsfähigkeit beansprucht waren, eine Verbesserung des Zuglaufs möglich gemacht. Es sind deshalb im Berichtsjahr weitere Strecken mit dieser Einrichtung ausgerüstet worden.

Zur Vereinfachung des Telegraphenbetriebs und unter gleichzeitiger Personalersparnis wurden die wichtigsten Telegraphenschaltstellen in Berlin zu einer gemeinsamen Reichsbahn-Telegraphenstelle (RTS) im Geschäftsgebäude der Reichsbahndirektion Berlin zusammengelegt. *W. G. M.*

Fernmeldetechnik.

Welt-Telephonstatistik vom 1. I. 1930. — Die Statistische Abteilung der American Telephone and Telegraph Co. veröffentlicht wie alljährlich ihre Welt-Telephonstatistik. Hiernach waren am 1. I. 1930 insgesamt 34 526 629 Fernsprecher auf der Erde vorhanden (1 962 409 oder rd. 6 % mehr als im Vorjahr); davon entfallen allein über 20 Mill oder mehr als 58 % auf die V. S. Amerika, mehr als 10 Mill oder 29 % auf Europa, und der Rest von 13 % verteilt sich auf Asien, Afrika, Ozeanien, Südamerika und Nordamerika ohne Vereinigte Staaten. Die auf europäische Länder entfallenden 29 % aller Fernsprecher liegen mit 9 % in Deutschland, mit 5,5 % in Großbritannien, mit 3 % in Frankreich und mit 11,5 % in dem übrigen Europa. Die Statistik gibt ferner die Dichte der Fernsprechnetze in den verschiedenen Staaten an, gemessen durch die Zahl der auf 100 Einwohner entfallenden Fernsprecher. Auch hier stehen die V. S. Amerika (mit 16,4 Fernsprechern auf 100 Einwohner an erster Stelle, dahinter folgen Canada (mit 14,2) und Neuseeland (mit 10,3), erst dann kommen die europäischen Staaten. An ihrer Spitze stehen Dänemark (mit 9,6) und Schweden (mit 8,3); dann folgen die Schweiz und Norwegen (mit je 6,7), Deutschland (mit 5), Großbritannien (mit 4,1), und in größerem Abstand hinter Holland, Finnland, Österreich und Belgien folgt Frankreich (mit 2,5). Die geringste Verbreitung in europäischen Großstaaten besitzt der Fernsprecher in Rußland, wo nur 0,2 Fernsprecher auf 100 Einwohner entfallen. Unter den außereuropäischen Ländern weist Australien mit 7,9 Fernsprechern auf 100 Einwohner eine größere Fernsprechdichte auf, und Japan, das zwar nur 1,4 Fernsprecher auf 100 Einwohner besitzt, enthält doch 72 % aller asiatischen Fernsprecher überhaupt. Die große Verbreitung des Fernsprechers in den V. S. Amerika zeigt sich auch in der Fernsprechdichte besonders der Großstädte: Rekordzahlen finden sich in San Francisco (mit 40,8 Fernsprechern auf 100 Einwohner), Washington (mit 32,7), Denver und Seattle (mit je 31,3). Unter den europäischen Großstädten steht Stockholm (mit 30,5) an 1. Stelle, Oslo (mit 18,1) an 2. Stelle, während Paris und Berlin (mit 12,5 bzw. 11,9) an 7. und 8. Stelle und London (mit 8,7) sogar erst an 13. Stelle stehen. Die geringste Dichte hat unter den Hauptstädten europäischer Großstaaten Moskau mit 2,9 Fernsprechern auf 100 Einwohner. — Von sämtlichen Fernsprechern der Erde stehen 32,2 % unter staatlicher Verwaltung, während 67,8 % in der Verwaltung von Privatgesellschaften sind. (Bell teleph. quart. Bd. 10, S. 138.) *But.*

Physik und theoretische Elektrotechnik.

Die elektrolytische Herstellung von Photozellen. Das Glas zeigt bekanntlich eine geringe elektrolytische Leitung, bei der als Kationen im wesentlichen Natriumionen wandern. Sorgt man für einen genügenden Nachschub von Natriumionen, so kann man auf diese Weise metallisches Natrium abscheiden. Diese Erscheinung benutzen L. M a r t o n und E. R o s t a s zur Herstellung von Photozellen. Die Zelle besteht aus einem kugelförmigen Kolben aus bleifreiem Glas, in welchem ein ebenfalls bleifreies Glühlampengestell mit drei Elektroden eingeschmolzen ist. Zwei Elektroden tragen den Glühfaden, die dritte mittlere Elektrode ist durch ein Platinmantel- oder Kupfermantel-Drahtstück zur Glaswand hingebogen und klebt nach Einschmelzen des Gestelles fest an der Glaswand. Nach Evakuierung und Sockelung wird die Elektrolyse vorgenommen, wobei der Kolben zur Hälfte in ein auf 300 ° C erhitztes Gemisch von geschmolzenem Natriumnitrat und Nitrit eintaucht. Die zur Kondensation des Natriums bestimmten Teile der Zelle werden durch einen starken Luftstrom gekühlt. Die Eigenschaften der so hergestellten Zellen sind denen der auf andere Weise hergestellten vollkommen gleich. Die langwellige Grenze liegt bei etwa 0,55 μ; für weißes Licht beträgt ihre Empfindlichkeit im Mittel $3 \cdot 10^{-10}$ A je Meterkerze. Sie sind ein vorzügliches Mittel für technische Untersuchungen, wo nicht große Empfindlichkeit, sondern objektiver Vergleich verschiedener Lichtintensitäten verlangt wird. Ein solcher Fall liegt vor bei der Glühlampen - Photometrierung. Die Photoströme wurden verstärkt, wobei sich größere Reproduzierbarkeit und Stabilität ergab, wenn die Alkalikathode mit dem Gitter der Verstärkerröhre verbunden wurde. Der Anodenruhestrom wurde unter Verwendung einer zweiten von einer Standardlampe ständig belichteten Photozelle kompensiert, wie es Abb. 3 zeigt. (L. M a r t o n u. E. R o s t a s, Z. techn. Phys. Bd 10, S. 52.) *Br.*

Abb. 3. Verstärkeranordnung mit Photozellenkompensation.

Die Berechnung der Harmonischen von Gleichrichterströmen. — Es ist bekannt, daß die Berechnung und Diskussion der Harmonischen von Gleichrichterströmen schon bei den einfachsten Gleichrichterschaltungen außerordentlich mühsam, wenn nicht unmöglich ist, sobald es sich darum handelt, die Wirkung der die Strom-Spannungs-Charakteristik und die Oberwellen bestimmenden Attribute, wie Primär- oder Sekundärdrosseln und Gleichstromdrossel oder Parallelkondensator mit einzubeziehen. Der „klassische" Weg einer solchen Rechnung wäre nämlich der, die Differentialgleichungen der Stromkreise unter Berücksichtigung der Anfangsbedingungen bzw. Nebenbedingungen zu integrieren. Die Bedingungen, deren Zahl gleich fünf ist, führen zu zwei transzendenten Bestimmungsgleichungen für die Zünd- und Löschzeit der Anodenströme, welche sich nicht allgemein lösen lassen. Hat man deren spezielle Lösungen für ein gegebenes Zahlenbeispiel, so lassen sich die gewonnenen Strom-Spannungs-Gleichungen Punkt für Punkt berechnen, und nach der Fourierschen Methode kann man dann anschließend die Harmonischen der Ströme und Spannungen ermitteln. Dieser Weg ist aber ziemlich aussichtslos, wenn es sich darum handelt, z. B. den Wert von Glättungsdrosseln, Siebkreisen und ähnlichen Schaltungsgebilden zu diskutieren.

Es ist daher zu begrüßen, daß W h e a t c r o f t einen neuen interessanten Weg gezeigt hat, wie man die Harmonischen von Gleichrichterströmen verhältnismäßig bequem und vor allem für beliebig zusammengesetzte Gleichstromkreise ermitteln kann. Wheatcroft schneidet das Problem von der Strom-Spannungs-Bedingung an den Ventilen an. Die an diesem herrschende Spannung U steht bekanntlich in einem festen Zusammenhang mit dem das Ventil durchfließenden Strom I, d. h. es ist $U = f(I)$ eine von dem Charakter der Gleichrichterschaltung unabhängige, nur dem Ventil eigentümliche Funktion. Für ein ideales Ventil hat diese Funktion die spezielle Form

$$U\,I = 0.$$

Es sei nun ein einfacher Gleichrichter mit einem einzigen Ventil gegeben. Man denke sich den Ventilstrom in seine Harmonischen entwickelt:

$$I = \frac{1}{2}\,b_0 + \sum_n b_n \cos n\,\vartheta + \sum_n a_n \sin n\,\vartheta,$$

desgleichen die Ventilspannung,

$$U = \frac{1}{2}\,d_0 + \sum_n d_n \cos n\,\vartheta + \sum_n c_n \sin n\,\vartheta,$$

worin sich die c_n und d_n durch die a_n und b_n ausdrücken lassen, wenn die Bestandteile des Ventilstromkreises bekannt sind. Dann führt die Operation $U\,I$ zu $2\,\infty$ Produkten, welche man in Ausdrücke mit $\sin n\,\vartheta$ und $\cos n\,\vartheta$ zu trennen hat. Setzt man gemäß der Vorschrift $U\,I = 0$

jeden dieser Ausdrücke gleich 0, da ja $UI = 0$ für jeden ϑ-Wert gelten muß, so erhält man 2∞ Bestimmungsgleichungen für die a_n und b_n.

Wheatcroft gibt noch die Ausführung dieses Rechenverfahrens für die ja im allgemeinen aus mehreren Ventilstromkreisen zusammengesetzten Gleichrichterschaltungen an, insbesondere erläutert er das Verfahren an einem Zweiphasen-Gleichrichter, welcher im Gleichstromkreise eine Drosselspule und im Primärstromkreise eine weitere Drosselspule besitzt. Für dieses Beispiel zeigt Wheatcroft die klassische Rechnung und das neue Rechenverfahren. Bei dieser wirklichen Durchführung des Rechenverfahrens ist die technische Lösung der genannten Bestimmungsgleichungen für die a_n und b_n jedes Stromkreises durch fortschreitende Näherung bemerkenswert. (E. L. E. Wheatcroft, J. Inst. El. Engs. London Bd. 69, S. 100.) *M. L.*

Werkstatt und Baustoffe.

Metallkunde. — Die Gesellschaft Deutscher Metallhütten- und Bergleute e. V. hielt am 5. ... 7. IX. d. J. in Berlin ihre Hauptversammlung ab. Den Hauptvortrag hielt Direktor Wohlwill-Hamburg über „Die Elektrolyse im technischen und wirtschaftlichen Wettbewerb mit anderen Verfahren der Metallgewinnung und Raffination". Nur Kupfer und Zink werden nach den Statistiken auf elektrolytischem Wege in erheblichen Mengen gewonnen. Bei beiden Metallen hat sich die Anwendung des Laugerei- und Elektrolyseverfahren bisher nur auf ärmere Sondererze beschränkt. Auf dem Gebiete der Raffination liegt der Hauptvorteil der Elektrolyse in der Erzielung hoher Reinheitsgrade, wobei eine Vorraffination im Ofen verbleibt. Bleielektrolyse ist gegenüber dem Harris-Verfahren nur im Falle der Trennung von Wismut wirtschaftlich. Die elektrolytische Zinnraffination steht noch in der Entwicklung. Hohe Reinheit des Produkts hat die Elektrolyse bei der Raffination des Wismuts wie des Nickels eingeführt, wobei beim Nickel erhebliche Mengen von Platinmetallen gewonnen werden.

G. Eger, Berlin, sprach zur neueren Entwicklung der elektrolytischen Kupfergewinnung mittels Entkupferung von Lösungen oder durch Raffinationsverfahren. Zu dem ersteren Verfahren wurde auf neuere Anlagen in Süd- und Nordamerika[1], zum zweiten insbesondere auf die Kupferraffinationsanlage der Zinnwerke Wilhelmsburg GmbH., Harburg-Wilhelmsburg, eingegangen, die seit Ende v. J. in Betrieb ist und im elektrolytischen Teil nach den Plänen der Abteilung für Elektrochemie der Siemens & Halske A.G. errichtet worden ist. Die Elektrolyse erzeugt täglich 50 t Kupfer und ist auf die dreifache Leistung erweiterungsfähig. Die Anlage arbeitet mit 220 Bädern zu je 10 000 A Stromstärke in Walker-Schaltung. Zur Umformung des Drehstroms in Gleichstrom dient ein Motorgenerator, dessen Dynamo zwei Kollektoren besitzt. Ein vom Vortragenden entworfener und erstmalig gezeigter Film gab ein anschauliches Bild der praktischen Vorgänge in diesem in seiner Art größten deutschen Werk. Zur Aussprache gab besonders der Umstand Anlaß, daß die Bäder aus Holz mit Bleiauskleidung im zunehmenden Maße durch ausgebleite oder sonstwie säurefest ausgekleidete Bäder aus Eisenbeton ersetzt werden. Ein Nachteil des Holzes ist sein ständiges Arbeiten. Das Blei muß bis mindestens 85 °C wärmestandfest sein, um keine Ausbuchtungen zu bekommen, die das Einsetzen der Elektroden in die Bäder erschweren. Die chemische Auskleidung der Kästen darf auf die Beschaffenheit der Lauge nicht einwirken, da deren Zusammensetzung die Ausbeute des Stromverbrauchs maßgeblich beeinflußt.

[1] Vgl. ETZ 1930, S. 771.

Die Anwendung der Röntgenspektroskopie zur Analyse von Erzen, Aschen, Fertigprodukten usw. bietet, wie W. Noddack in seinem Vortrage ausführte, wegen ihrer Sicherheit, Schnelligkeit, Empfindlichkeit und der minimalen Menge an Analysenmaterial (wenige Milligramm) große Vorteile vor der rein chemischen Analyse. Bei der photographischen Aufnahme der Spektren, die bei der Reflexion der Röntgenstrahlen an Kristallgittern entstehen, indem das Präparat im Kreise gedreht wird, werden alle Elemente, auch die unbekannten, die eigentlich nicht gesucht werden, festgestellt. Zu jedem Element gehört eine bestimmte Wellenlänge, die bekannt ist. Aus der Stärke der Spektrallinien ist auf die Konzentration der Elemente zu schließen. Die Methode eignet sich somit zur quantitativen Analyse der Elemente. Die Apparatur einschließlich Transformator kostet 7000 ... 8000 RM, und gleichwohl ist der Preis einer Untersuchung bei großer Zahl solcher wegen der Schnelligkeit der Ausführung nicht hoch. Leichte und flüchtige Elemente können mit der Röntgenspektroskopie nicht bestimmt werden. Sie dürfte besonders in Verbindung mit der chemischen Analyse für analytische Laboratorien wegen der großen Erhöhung der Arbeitsgeschwindigkeit eine Zukunft haben. *Pge.*

Energiewirtschaft.

Erzeugung und Verbrauch elektrischer Arbeit in Deutschland[1]. — Die Erzeugung der 122 Elektrizitätswerke war im Oktober 1931 um 89,3 Mill kWh (8 %) größer als im September, jedoch um 166,4 Mill kWh (12 %) schwächer als im gleichen Monat des Vorjahres. Arbeitstäglich stellte sich die Erhöhung auf 1,672 Mill kWh (4 %) und die Abnahme gegenüber dem Oktober 1930 auf 6,162 Mill kWh (12 %); letztere betrug im Vergleich zu dem entsprechenden Monat von 1929 sogar 22 %. Der Anschlußwert der von 103 Werken versorgten gewerblichen Abnehmer ist im September gegenüber dem Vormonat um 5000 kW und gegen den Parallelmonat von 1930 um 0,143 Mill kW (3 %) gestiegen. Für den Verbrauch dieser Konsumenten ergibt sich wiederum eine Abnahme, die gegen den August 4,4 Mill kWh, gegen den September 1930 17,4 Mill kWh (4 %) ausmachte und arbeitstäglich 0,168 bzw. 0,669 Mill kWh (4 %) ergab. Wie das Statistische Reichsamt bemerkt, ist der arbeitstägliche Konsum um 25 % hinter dem bisherigen Höchststand im Dezember 1929 zurückgeblieben.

Monat	Arbeitstage		Von 122 Elektrizitätswerken selbst erzeugte Mill kWh: insgesamt		arbeitstäglich		Anschlußwert und Verbrauch der von 103 Elektrizitätswerken direkt belieferten gewerblichen Abnehmer: Anschlußwert Mill kW		Gesamtverbrauch Mill kWh		arbeitstäglicher Verbrauch: insgesamt Mill kWh		kWh/kW Anschlußwert	
	1931	1930	1931	1930	1931	1930	1931	1930	1931	1930	1931	1930	1931	1930
I.	26	26	1357,6	1555,7	52,2	59,8	4,6	4,6	462,5	545,0	17,8	21,0	8,9	4,6
II.	24	24	1208,5	1392,5	50,4	58,0	4,6	4,6	438,5	512,8	18,8	21,3	4,0	4,7
III.	26	26	1266,9	1430,1	48,7	55,0	4.6	4,6	458,8	523,4	17,6	20,1	8.8	4,4
IV.	24	24	1133,2	1291,7	47,2	53,8	4,6	4.6	441,2	485,8	18,4	20,2	4.0	4,4
V.	24	26	1107,0	1296,4	46,1	49,9	4.6	4,6	444,4	498,9	18,5	19,2	4,0	4.2
VI.	26	24	1095,6	1170,1	42,1	48,8	4,6	4,6	463,3	468,8	17,8	19,3	8,9	4,2
VII.	27	27	1146,3	1268,5	42,5	47,0	4,6	4,5	475,7	479,7	17,6	17,8	8,8	4,0
VIII.	26	26	1115,6	1272,6	42,9	48,9	4,6	4,5	455,4	470,8	17,5	18,1	3,8	4,0
IX.	26	26	1147,9	1311,1	44,2	50,4	4,7	4,5	451,0	468,4	17,3	18,0	3,7	4,0
X.	27	27	1237,2	1403,6	45,8	52,0	.	4,6	.	483,5	.	17,9	.	3,9

[1] Vgl. ETZ 1931. S. 1503.

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33 II, Fernspr.: C 4 Wilhelm 8885 u. 8886 zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Gesellschaftsabend des Elektrotechnischen Vereins e.V.

am Freitag, dem 8. Januar 1932.

Der in Heft 52 der ETZ angekündigte „Gesellschaftsabend" des Elektrotechnischen Vereins wird am Freitag, dem 8. Januar 1932, von 8½ Uhr abends ab im Marmorsaal (mit Bankettsaal und Roter Veranda) des Zoologischen Gartens stattfinden. Mit Rücksicht auf die Not der Zeit wird von einem gemeinsamen Essen abgesehen; die Veranstaltung wird daher nur in Tanz bestehen.

Dunkler Anzug erbeten.

Die Mitglieder werden gebeten, mit ihren Angehörigen der Einladung recht zahlreich Folge zu leisten; eingeführte Gäste sind willkommen.

Eintrittskarten zum Preise von 1,00 RM (zur Deckung der Unkosten) sind in der Geschäftstelle des Elektrotechnischen Vereins, Berlin-Charlottenburg 4, Bis-

marckstr. 33 II zu haben. Da eine Kartenausgabe am Abend selbst nicht stattfindet, sind die Bestellungen schriftlich bis 7. Januar unter gleichzeitiger Einsendung oder Überweisung des Betrages auf Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02 an den Elektrotechnischen Verein zu richten.

Elektrotechnischer Verein e. V.
Der Vorsitzende:
Dr.-Ing. Feyerabend.

Nachtrag

zum Bericht über die ordentliche Sitzung[1] am 31. III. 1931.

Besprechung des Vortrags

des Herrn Professor Dr.-Ing. Keinath über das Thema:

„Die Entwicklung der Meßeinrichtungen für Hochspannung“[2].

Vorsitzender: Herr Staatssekretär Dr.-Ing. E. h. Feyerabend.

Herr **Reiche:** Es ist in der Tat verblüffend, was für Leistungssteigerungen an Stromwandlern mit Hilfe der Kunstschaltung zu erzielen sind. Dieses Hilfsmittel braucht natürlich nicht auf Stabstromwandler beschränkt zu werden. Auch Wickelwandler haben einen großen Vorteil vor den Kunstschaltungen, weil es möglich wird, mit wesentlich kleineren Amperewindungszahlen die gleichen Leistungen herauszuholen. Dadurch lassen sich die dynamische und thermische Kurzschlußfestigkeit der Wickelwandler sehr beträchtlich vergrößern[3].

Bei der Entwicklung der Kaskaden-Stromwandler haben Kunstschaltungen eine besonders große Rolle gespielt. Im Vortrag ist ein Dreifach-Kaskaden-Querlochstromwandler in Freiluftausführung für 100 kV gezeigt worden. Das erste Modell dieses Wandlers wies wenig ermutigende Eigenschaften auf: Die Leistung war äußerst gering, und die Überstromkennziffer betrug etwa 2½. Das heutige Modell leistet beispielsweise 30 VA und mehr in Klasse E bei einer Überstromkennziffer von mehr als 10, so daß es für Selektivschutz verwendbar ist. Dieser Fortschritt gelang durch Verkleinerung der Amperewindungszahl im unteren Glied, welches nunmehr für die oberen Glieder keine hohe Bürde mehr darstellt. Die erforderliche Leistungsfähigkeit wurde dann mit Hilfe von Kunstschaltungen in den Wicklungen des unteren Gliedes hergestellt.

Hängende Konstruktionen sind sowohl für Stromwandler als auch für Spannungswandler geschaffen worden. Abb. 1 zeigt einen hängenden Kaskaden-Spannungswandler in Freiluftausführung für 100 kV. Diese Ausführungen haben für die Planung von Schaltanlagen große Vorteile, weil durch Aufhängung der Apparate an Bodenfläche gespart werden kann. Hierfür bringt Abb. 2 ein Beispiel. Dargestellt ist eine Schaltanlage in Hochbauweise, u. zw. oben mit stehenden Meßwandlern in Ölgefäßen[4], unten mit hängenden Wandlern. Ein einfacher Vergleich der Längenausdehnung der Anlage läßt erkennen, daß sich tatsächlich wesentliche Ersparnisse an Gerüsten und Bodenfläche erzielen lassen.

Zum Schluß noch ein paar Worte zu dem Thema: Trocken oder naß?! Wir können ausgehen von der Entwicklung des öllosen Schalters. Dieser entstand, als der ölgefüllte Schalter hinsichtlich Betriebsicherheit und Abschaltleistung bereits den schärfsten Forderungen entsprach. Man hätte sich mit dem Erreichten begnügen können. Dennoch sind öllose Schalter auf den Markt gekommen, die schon sehr befriedigende Ergebnisse gezeitigt haben. Genau so liegen die Dinge auf dem Meßwandlergebiet. Auch hier gibt es ölgefüllte Konstruktionen, an denen nichts auszusetzen ist. Dennoch bleibt mit jedem ölgefüllten Apparat ein Rest von Wartung und Gefahr verbunden. Erst die Beseitigung der letzten Spur von Öl macht uns gänzlich frei. Daher läßt auch hier der Ehrgeiz der Erfinder und Konstrukteure nicht nach. Mit den heutigen Modellen ist das Problem des Trockenwandlers tatsächlich gelöst. Es gab allerdings viele Schwierigkeiten zu überwinden, u. a. auch in Richtung einer Verbesserung der Isolierstoffe, die heute viel wärmebeständiger sind als früher. Dafür kann das neue Material Dauerprüfungen mit derart hohen Beanspruchungen unterworfen werden, wie sie im Betriebe niemals auftreten.

[1] ETZ 1931, S. 1531.
[2] Der Vortrag ist auf S. 1561 u. 1596 abgedruckt.
[3] S. a. ETZ 1928, S. 1772.
[4] S. a. ETZ 1928, S. 382.

Herr **Goldstein:** Gestatten Sie, daß ich einiges über die Entwicklung des Stromwandlerbaues aus dem Transformatorenwerk der AEG mitteile. Schon vor einigen Jahren hat das Transformatorenwerk der AEG die alte Bauart der Stromwandler verlassen und neue Typen entwickelt. Diese Stromwandler werden jetzt für die ganze Serie bis zu 150 kV Betriebspannung gebaut. Lassen Sie mich auseinandersetzen, worin die Vorteile dieser Art der Stromwandler bestehen. Abb. 3 zeigt die Art der Anordnung. Sie sehen einen Mantelkern, auf dem die Wicklungen neuartig angeordnet sind, u. zw. sehen Sie eine verteilte Niedervoltwicklung am Kern. In der alten Bauart waren die Wicklungen konzentrisch angeordnet. Jetzt ist die Niedervoltwicklung auf die Außen- und Mittelschenkel verteilt. Mit dieser Anordnung erzielt man große Vorteile in bezug auf die Leistung der Wandler. Das rührt daher, daß man bei dieser Anordnung eine geringere Streuspannung hat. Bekanntlich ist die Streuspannung ein störendes Glied im Diagramm; es verringert die Leistung.

Abb. 1. Kaskaden-Spannungswandler für 100 kV.

Abb. 3. Stromwandler mit verteilter Sekundärwicklung.

Abb. 2. Freiluftschaltanlage für 100 kV, Hochbauweise.

Wenn man diese Anordnung mit der alten vergleicht, dann muß man selbstverständlich die gleiche Amperewindungszahl zugrundelegen, d. h. man müßte sich die ganze Niedervoltwicklung am mittleren Schenkel mit der gleichen Windungszahl angeordnet denken. Wenn man das tut, dann bekommt man folgende Ergebnisse für die Streuspannung beider Anordnungen. Bei einer bestimmten Anzahl von Windungen bekommt man bei der alten Anordnung eine Streuspannung von 20 V — ich spreche nur von der sekundären Streuspannung; die primäre spielt bekanntlich keine Rolle —, bei der neuen Anordnung jedoch nur eine solche von 5 ... 6 V. Selbstverständlich kommt dieser Unterschied dem Außenkreis zugute, und wenn man mit einer Spannung von 8 V, also 40 VA, rechnet, dann ist klar, daß ein großer Unterschied in Leistung und Fehlerkurven besteht, wenn man die Differenz von 15 V Streuspannung sparen kann, und das kann man tatsächlich mit diesen Anordnungen erreichen.

Abb. 4 zeigt die Fehlerkurven der beiden Anordnungen. Sie sehen zunächst die Fehlergrenzen der Klasse E, u. zw. Stromfehler und Fehlwinkel. Die gestrichelte Kurve — beachten Sie das starke Gefälle! — ist die Fehlerkurve für die alte Anordnung. Bei $\cos\varphi = 1$ läuft diese Kurve bei der neuen Anordnung beinahe geradlinig, parallel zur

Abszissenachse. Während sich mit der alten Anordnung die Leistung von 15 VA nicht erreichen läßt — Sie sehen, daß die Kurve schon die Grenze der Klasse E überschreitet —, läßt sich mit der neuen Anordnung eine Leistung von 40 VA erreichen.

Bei den Fehlwinkelkurven ist allerdings die alte Anordnung etwas günstiger. Da ist nämlich wegen der größeren Streuspannung der Fehlwinkel verbessert. Das spielt aber keine Rolle, weil man Mittel besitzt, um den Fehlwinkel zu verbessern — beispielsweise durch Parallelschaltung von Widerständen —, und im übrigen die Fehlwinkel noch verhältnismäßig klein sind, denn 20′ ist noch als gut anzusehen.

Abb. 4. Fehlerkurven des Stromwandlers.

Nun ist noch ein weiterer Schritt in der Anordnung gemacht worden, indem man ein neues Prinzip zur Anwendung brachte, das ich kurz als Vormagnetisierung bezeichne. In der ausländischen Literatur ist dieses Prinzip, soviel mir bekannt ist, erstmalig von ILIOVICI in Frankreich angegeben worden. Es ist klar, daß man dahin streben muß, durch einen Einfluß auf die Magnetisierungsvorgänge die Fehlwinkel und die Übersetzungsfehler zu verringern. Herr Prof. Dr. KEINATH hat auch in seinem Vortrag erwähnt, daß man tatsächlich im Gebiete der maximalen Permeabilität die geringsten Fehler hat.

Gestatten Sie, daß ich dieses Prinzip kurz erläutere. Es kommt beim Stromwandler darauf an, den Leerlaufstrom möglichst klein zu halten. Wie aus dem Stromdiagramm Abb. 5 ersichtlich, kann man die Größen I_1 und I_2

Abb. 5. Abb. 7. Diagramm des normalen Stromwandlers.

Abb. 6. Fehlerkurven des Stromwandlers UF 125.

in konstantem Größenverhältnis und unter kleinem Phasenwinkel halten, wenn der Leerlaufstrom klein ist. Aus der geläufigen Gleichung für den magnetischen Kreis $I_0 z = \Phi_0 R$ sieht man, daß der Leerlaufstrom I_0 dem magnetischen Widerstand R proportional ist. Der magnetische Widerstand ist durch die bekannte Beziehung $\frac{l}{\mu q}$ gegeben, und daraus geht hervor, daß man durch die Erhöhung der Permeabilität μ den Leerlaufstrom verkleinern kann. Darauf beruhen auch die von Herrn Prof. Dr. KEINATH erwähnten Erfolge mit den Kunstschaltungen. Die Aufgabe besteht in einer Einflußnahme auf die Magnetisierungskurve derart, daß man ein Optimum erreicht. Die Lösungen sind mehrfach schwierig, weil man tatsächlich die Vormagnetisierung nicht so ohne weiteres hineinbringen kann. Die Vormagnetisierung mit einer fremden Stromquelle kompliziert die Schaltung, und daher wird dieser Weg in Deutschland nicht beschritten.

Im Laboratorium der Apparatefabrik der AEG ist man auf eine sehr gute Idee gekommen, nämlich die Vormagnetisierung durch eine besondere Bemessung und Schaltung der Sekundärwicklung, im Grunde genommen durch die eigene Magnetisierung, zu erwirken. Wir haben auch von dieser Schaltart Gebrauch gemacht und sind noch zu weiteren Erfolgen gekommen. Die Fehlerkurven, die mit dieser Schaltung erreicht worden sind, zeigt Abb. 6. Die gestrichelten Kurven geben die bei verteilter Wicklung ohne besondere Maßnahmen gemessenen Fehler bei einer Leistung von 60 VA. Durch die Anwendung der Spezialschaltung kommt man auf 100 VA. Wie ersichtlich, sind die Grenzen der Klasse E noch sehr gut eingehalten.

Wie Herr Prof. Dr. KEINATH im Vortrag richtig bemerkt hat, sind derartig große Leistungen in den meisten Fällen nicht erforderlich. Daraus ergibt sich, daß die Entwicklung der Stromwandler bei der AEG es ermöglicht, mit der Amperewindungszahl herunterzugehen. Dadurch kann die dynamische Kurzschlußsicherheit erhöht werden; denn bekanntlich steigt bei geringerer AW-Zahl die Kurzschlußsicherheit quadratisch. Ähnlich verhält es sich mit der thermischen Sicherheit, bloß steigt diese nur linear im umgekehrten Verhältnis zur Windungszahl bei gleichem Kupfergewicht. Die neuartigen Schaltungen führen also zu erhöhter dynamischer und thermischer Kurzschlußsicherheit.

Ich möchte noch ganz kurz auf die Frage der Einleiterstromwandler zurückkommen. Herr Prof. Dr. KEINATH und Herr Dr. REICHE haben bereits auf die Schwierigkeiten auf diesem Gebiete hingewiesen. Der Gewinn, den man durch die Verwendung von Nickel-Eisen-Legierungen erzielt, ist nicht so groß, wie man auf Grund der hohen maximalen Permeabilitätszahlen zunächst erwartet. Bei einer Vergrößerung der maximalen Permeabilität im Verhältnis 20 : 1 verbessert man die Fehler bloß im Verhältnis 6 : 1. Dies ergibt sich, wenn man den Stromverbrauch beider Materialien bei gleicher Induktion vergleicht. Und doch ist der Einleiterstromwandler wegen seiner hohen Kurzschluß- und Spannungssicherheit der idealste Stromwandler. Es müssen noch Wege gefunden werden, um mit der Leistung dieser Stromwandler vorwärts zu kommen. Man kann schon jetzt mit einer bestimmten Zuversicht sagen, daß die Kunstschaltungen, die bei anderen Wandlern so große Erfolge gezeitigt haben, auch bei Einleiterstromwandlern zu weiteren Erfolgen führen werden.

Herr **Vohl**: Es ist heute schon verschiedentlich über Kunstschaltungen gesprochen worden. Ich bitte Sie daher noch um kurze Aufmerksamkeit für eine Kunstschaltung, wie sie neuerdings in Stromwandlern der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft verwendet werden, um einerseits beim Einleiterstromwandler eine wesentliche Vergrößerung der Leistung bzw. bei gegebener Leistung ein wesentliches Heruntergehen der Primärstromstärke, anderseits bei Mehrleiter-Durchführungstromwandlern eine Erhöhung der Kurzschlußfestigkeit durch Herabsetzung der Amperewindungszahl zu erzielen.

Zur Klärung der Kunstschaltung geht man zweckmäßig vom normalen Stromwandlerdiagramm aus (Abb. 7). Damit der Sekundärstrom $I_2 = OA$ fließen kann, muß in der Sekundärwicklung eine bestimmte Spannung $U_i = OC$ induziert werden, die die inneren und äußeren Spannungsabfälle deckt. Zur Erzeugung der Spannung U_i muß durch das Eisen ein Fluß Φ getrieben werden, der durch den Leerlaufstrom I_0 erzeugt wird. Der Leerlaufstrom I_0 und die sekundären Amperewindungen $N_2 \cdot I_2$ müssen durch die primären Amperewindungen $N_1 \cdot I_1$ aufgehoben werden, damit das Amperewindungsdreieck geschlossen wird. Auf diese Weise entsteht der bekannte Fehlwinkel δ und anderseits der Unterschied zwischen primären und sekundären Amperewindungen: der Stromfehler, den man durch Abwickeln von Windungen der Primär- bzw. Sekundärwicklung innerhalb gewisser Grenzen korrigieren kann.

Wie verhält sich nun ein solcher Stromwandler, wenn sich die äußere Bürde bzw. der Strom ändert? Bei dem üblichen Stromwandler arbeiten wir auf der Magnetisierungskurve bis zu Induktionen von ungefähr 1000 oder 2000 Linien (Abb. 8). Innerhalb dieses Gebietes ist die Magnetisierungskurve gekrümmt. Ändert sich die Belastung des Wandlers, dann ändert sich auch die induzierte Spannung U_i und damit der Leerlaufstrom I_0. Dadurch bekommen wir ein anderes Verhältnis zwischen Primär- und

Sekundäramperewindungen und einen anderen Fehler. Sinkt der Strom auf die Hälfte des Nennstromes, dann muß die induzierte Spannung gleichfalls auf die Hälfte herabsinken und ebenso die Induktion im Eisen von $\mathfrak{B}_1$ auf $\mathfrak{B}_2$. Das bedingt aber, daß der Leerlaufstrom I_{02} nicht mehr auf die Hälfte, sondern auf vielleicht 60 oder 70 % des ursprünglichen Wertes sinkt. Das heißt: Das Verhältnis der Leerlaufamperewindungen zu den Primäramperewindungen ist größer als bei Nennstrom, und wir erhalten auf diese Weise die bekannten Fehlerkurven der Stromwandler; mit kleiner werdendem Strom werden die Fehler immer größer.

Wenn man in diesem Stromwandler die induktiven Spannungsabfälle $I_2 \cdot X_i$ und $I_2 \cdot X_2$ vergrößert, dann muß sich der Punkt B immer mehr der Verlängerung von AO nähern. Bei einem bestimmten induktiven Widerstand liegt er genau in der Verlängerung, dann ist der Fehlwinkel gleich Null. Diesen idealen Zustand hat man beim normalen Stromwandler leider nur bei einem bestimmten Fall, nämlich dann, wenn die induktiven Widerstände X_i und X_2 in einem ganz bestimmten Verhältnis zu den Ohmschen Widerständen und damit auch zu dem Belastungswiderstand stehen.

Um den Punkt B, den Endpunkt des Magnetisierungsstromes dauernd auf der Verlängerung von AO zu halten, also um dauernd einen Fehlwinkel Null zu erzielen, ist jetzt der induktive Widerstand des Stromwandlers X_i bedeutend vergrößert worden, u. zw. so, daß er ungefähr ein Mehrfaches der sekundären Bürde beträgt (Abb. 9). Ändert man den sekundären Belastungswiderstand von Null bis zur Nennbürde, so ändert sich bei diesem großen inneren Widerstand die induzierte Spannung von OC' auf OC, also nur wenig. Außerdem ändert sich die Lage der beiden Spannungen nur wenig gegenüber dem Sekundärstrom. Das bedingt jedoch, daß der Endpunkt des Leerlaufstromes, der Punkt B, sich nur wenig in seiner Lage ändert, der Fehlwinkel δ also immer ungefähr Null bleibt, mithin praktisch unabhängig von der Belastung wird.

Abb. 8. Magnetisierungskurve.

Abb. 9. Diagramm des Drosselkern-Stromwandlers.

Wenn man bei diesem Stromwandler den Strom ändert, dann bewegt man sich wieder auf der Magnetisierungskurve, jedoch entsprechend der größeren induzierten Spannung bei wesentlich höheren Induktionen (Abb. 10). Bei Nennstrom sei die Spannung U_1' gegenüber U_1 beim normalen Stromwandler. Sinkt der Strom und damit die induzierte Spannung auf die Hälfte, dann sinkt der Leerlaufstrom nicht ganz auf die Hälfte, und wir würden wieder das Ansteigen der Stromwandler-Fehlerkurve erhalten. Da wendet man nun folgenden Kunstgriff an. Man sorgt dafür, daß der Leerlaufstrom bei halbem Strom im Wandler genau auf die Hälfte, also von I_{01}' auf I_{02}' sinkt. Dann muß allerdings die induzierte Spannung U_1' um mehr als die Hälfte auf U_2' sinken. Aber das Verhältnis zwischen Leerlaufstrom und Primärstrom ist für Vollaststrom und halben Strom konstant geblieben, d. h. die Fehler sind konstant geblieben. Man muß also die induzierte Spannung des Stromwandlers von dem Stromdurchgang so abhängig machen, daß keine Proportionalität mehr besteht. Diese Abhängigkeit erreicht man dadurch, daß man in den Sekundärkreis einen stromabhängigen Widerstand schaltet in Gestalt einer eisengeschlossenen Drosselspule. Die Strom-Spannungs-Charakteristik dieser Drosselspule muß möglichst genau der Leerlaufcharakteristik des eigentlichen Stromwandlerkernes entsprechen, also der Kurve in Abb. 10. Da jetzt die induzierte Spannung des Stromwandlers praktisch nur noch von der Spannung der Drosselspule abhängt, erreicht man eine sehr gute Proportionalität zwischen dem Leerlaufstrom und dem Primär- bzw. Sekundärstrom und damit wesentlich kleinere Fehler sowohl bei Änderung der sekundären Bürde des Stromwandlers als auch bei Änderung des Stromes. Die Drosselspule wird mit dem eigentlichen Stromwandler konstruktiv zu einem Ganzen vereinigt.

Den Erfolg dieser Maßnahme sieht man an den Fehlerkurven Abb. 11 u. 12. Abb. 11 stellt die Fehlerkurve eines Einleiterstromwandlers normaler älterer Bauart dar und Abb. 12 die Fehlerkurve desselben Wandlers mit eingebauter Drosselspule als Drossel-Kernstromwandler bei demselben Materialaufwand.

Abb. 10. Magnetisierungskurve.

Im Vergleich zu einem normalen Stromwandler ist bei gleicher Leistung und Genauigkeit die Überstromkennziffer natürlich kleiner, was in vielen Fällen beim Anschluß von Zählern und Instrumenten sogar wünschenswert ist. Bei gleicher Überstromkennziffer sind dagegen die Fehler des Drosselkernwandlers ungefähr nur halb so groß wie bei einem Stromwandler der bisher bekannten Bauart.

Herr **Küchler:** Zweifellos stellen die in den letzten Jahren herausgebrachten Kaskaden-Spannungswandler für Höchstspannungen in preislicher Hinsicht gewaltige Fortschritte dar. Diesen Vorteilen stehen jedoch auch Nachteile gegenüber. Beim Kaskadenwandler ist die Leistung innerhalb einer bestimmten Genauigkeitsklasse der Gliederzahl, also auch der Betriebspannung angenähert umgekehrt proportional. Dieser Mangel macht sich schon bei 100 kV, in noch höherem Maße natürlich bei 200 kV unangenehm fühlbar, da heute an die Belastbarkeit und Genauigkeit Anforderungen gestellt werden, an die man noch vor wenigen Jahren kaum gedacht hat. Bei Spannungswandlern werden bereits Leistungen von mehreren 100 VA je Phase in Klasse E verlangt. So gesteigerten Ansprüchen kann der Kaskadenwandler aber nicht mehr genügen.

In der Transformatorenfabrik der AEG ist nun in jüngster Zeit eine neue Typenreihe von Spannungswandlern für Höchstspannungen entwickelt worden, die mindestens die gleichen preislichen Vorteile bietet, ohne jedoch die erwähnten Nachteile zu besitzen.

Es wurde die einpolig geerdete Einphasentype gewählt, u. zw. aus zwei Gründen. Die Erdung eines Wicklungsendes ermöglichte eine Potentialsteuerung mit Hilfe der Wicklung und damit eine Verkleinerung der Fensterabmessungen des Eisenkernes. Da ferner nur eine Hochspannungsdurchführung auf dem Kastendeckel anzuordnen war, konnte der Kasten ohne Rücksicht auf Phasenabstände über Deckel so klein gewählt werden, als es die Kernmasse nur erlaubte.

Die Abmessungen und Kosten der aktiven Teile des Spannungswandlers für höchste Spannungen werden in erster Linie durch die hohe Windungszahl der Oberspannungswicklung und die Wicklungsisolation bedingt. Hier mußte also der Hebel angesetzt werden. Das Ergebnis sorgfältiger Untersuchungen waren zwei Maßnahmen: die Wahl eines dickeren Drahtes für die Hochspannungspulen in Verbindung mit einem größeren Eisenquerschnitt und ferner eine teilweise Potentialsteuerung durch die Schaltung der Spulen. Die Oberspannungswicklung ist in mehrere Spulengruppen unterteilt, die so miteinander durch die Schaltverbindungen verschachtelt sind, daß die Spannung von dem in Schenkelmitte liegenden Wicklungseingang stufenweise nach den beiden Jochen zu abnimmt.

Die Gesamtspannung gegen die Joche ist auf diese Weise in eine größere Zahl kleinerer Teilspannungen zerlegt, die keine Isolationsschwierigkeiten bieten und die insgesamt wesentlich weniger Isolationsabstand erfordern als die volle Spannung. Auf eine Potentialsteuerung in radialer Richtung konnte verzichtet werden, da das Feld zwischen Ober- und Unterspannungswicklung bzw. zwischen Oberspannungswicklung und Rückschlußschenkel durch die erwähnte axiale Potentialsteuerung so günstig beeinflußt wird, daß verhältnismäßig geringe Abstände in radialer Richtung genügen.

Abb. 11. Fehlerkurve bei 50 Hz.

Abb. 12. Fehlerkurve bei 50 Hz.

Abb. 13. Spannungswandler EVWF 200 Freiluftausführung. Übersetzung $\frac{220\,000}{\sqrt{3}} : \frac{110}{\sqrt{3}}$.

Der Eisenkern wurde als Manteltype ausgebildet und, wie aus der Abb. 13 zu erkennen ist, liegend am Deckel des Ölkastens aufgehängt. Das untere Ende der Durchführung trifft also direkt auf den Wicklungseingang. Die Durchführung selbst ist unten offen und mit einem als Ausdehnungsgefäß ausgebildeten Kopf versehen. Kasten und Durchführung sind bis zum Kopf hinauf mit Öl gefüllt, dessen Stand an einem im Kopf eingelassenen Schauglas abgelesen werden kann.

Die Abmessungen und Gewichte für die 220 kV-Type sind folgende:

Grundfläche	930 · 1100 mm,
Gesamthöhe	4175 mm,
Gewicht ohne Öl	1900 kg,
Ölmenge	800 kg.

Die Wandler sind bis zu Reihe 200 im kompletten Zustande bahntransportfähig. Bei der 220 kV-Type müssen allerdings das Fahrgestell und der Ausdehnungskopf abgenommen werden, was jedoch keine Schwierigkeiten bereitet.

Die Leistung der Spannungswandler dürfte selbst den höchsten Ansprüchen genügen. Die auf die Sternspannung bezogene Nennleistung je Phase in Klasse E beträgt für Reihe 100 bis 200: 600 VA. Außerdem vertragen die Wandler einen dauernden Erdschluß bei einer Netzspannung, die der Nennspannung entspricht. Bei 20 % höherer Netzspannung ist noch eine Erdschlußdauer von 8 h zulässig. Die Ölerwärmung beträgt dabei in beiden Fällen kaum mehr als 30 ° C.

Vortragender: Mit Herrn Dr. REICHE bin ich im großen und ganzen einig. Er gibt selbst zu, daß der trockene Spannungswandler noch keineswegs der ideale Wandler ist, sondern daß er noch allerhand Feinarbeit bedarf, um ebenso zu arbeiten wie der ölgefüllte Wandler.

Was die Ausführungen der drei Herren von der AEG betrifft, so haben Herr Dr. GOLDSTEIN und Herr VOHL meine Ausführungen bezüglich der Theorie der Kunstwicklungen ergänzt. Ich bin auf solche Einzelheiten absichtlich nicht eingegangen, weil ich der Meinung bin, daß dieses Gebiet zu schwierig ist, um in einem Abendvortrag behandelt zu werden.

Ich denke, daß man solche Dinge besser studieren kann, wenn man sie in einem Aufsatz gedruckt vor sich hat (Zustimmung). Die Ausführungen des Herrn Dr. GOLDSTEIN besagen, wie ich es auch selbst gesagt habe, daß man mit der Kunstwicklung ungefähr die doppelte Leistung herausbringt. Wie wir aber auch aus den uns gezeigten Kurven gesehen haben, wird immer die Überstromziffer dadurch vermindert, denn von irgendwo muß die Leistung doch herkommen. Wenn wir durch die Kunstwicklung und die Vormagnetisierung die Fehlerkurve des Wandlers bei kleinen Strömen verbessern, muß sie auf der anderen Seite bei Überlastung verschlechtert werden.

Die Ausführungen des Herrn KÜCHLER haben mich sehr interessiert. Der neue Spannungswandler ist eine interessante Ausführung; er weist bei weitem nicht die große Höhe der Spannungswandler der alten Bauweise auf. Ich weiß aber nicht, ob die Spannungssicherheit auch soweit getrieben ist, daß dieser Wandler als Typenprobe 8 h lang mit der Prüfspannung laufen kann. Das Gewicht von 2700 kg ist etwa 1000 kg mehr, als sich mit einem Kaskadenwandler erreichen läßt. Die Leistung des Kaskadenwandlers kann man wesentlich steigern, wenn man nicht sechs Glieder übereinander baut, wie man es bisher gemacht hat, sondern sich mit zwei Gliedern begnügt. In dieser Anordnung kann man eine Leistung von 200 oder 400 VA herausholen. Aber ich glaube, daß in dieser Beziehung seitens der Kunden zuviel verlangt wird. Wir haben Fälle, in denen für Dreiphasenspannungswandler 1000 VA für den Kern, also 3000 VA Gesamtleistung in der Klasse E verlangt worden sind. Ich kann mir nicht vorstellen, wie man 3 kVA zu Meßzwecken verwendet, und habe immer die Vermutung, daß in diesen Fällen nicht nur Meßgeräte, sondern auch andere Apparate angeschlossen werden. Es wird auch oft der Trugschluß gemacht, daß man die Selektivschutzrelais, die nur sekundenweise arbeiten, zu dem ständigen Bedarf der Meßinstrumente und Zähler rechnet, während es doch zulässig ist, die Grenze der Fehlerklasse E sekundenweise zu überschreiten und in die Klasse F zu gehen, ohne daß das der Gesamtgenauigkeit der angeschlossenen Zähler schadet. (Beifall.)

Elektrotechnischer Verein.
Der Generalsekretär:
Dr. Schmidt.

VDE
Verband Deutscher Elektrotechniker
(Eingetragener Verein.)
Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33.
Fernspr.: Amt C 4. Wilhelm 8864—8868.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Bezug von Einbanddecken für den Jahrgang 1931 der ETZ.

Wir werden mit Abschluß des Jahres 1931 wiederum den Beziehern der ETZ Einbanddecken zur Verfügung stellen.

Die Preise sind die gleichen wie im Vorjahr und werden 2,20 RM für den Halbjahrs-Band, einschließlich Versandkosten, betragen.

Die Bestellung kann erfolgen durch Einzahlung auf unser Postscheckkonto, Berlin 21 312 (Versandanschrift genau aufgeben, ebenso Vermerk beifügen „ETZ-Einbanddecke") oder durch schriftliche Bestellung. Im letzteren Falle erfolgt der Versand unter Nachnahme zuzüglich der Unkosten hierfür.

Bekanntmachung.

Am 1. Januar 1932 treten folgende Bestimmungen in Kraft, deren Sonderdrucke durch die Geschäftstelle des VDE erhältlich sind:

1. Vorschriften.

VDE 491 „Vorschriften und Regeln für die Errichtung elektrischer Fernmeldeanlagen V.E.F./1932“
(Ersatz für
„Regeln für die Errichtung elektrischer Fernmeldeanlagen“ vom 1. Januar 1924
und
„Leitsätze für den Anschluß von Fernmeldeanlagen an Niederspannungs-Starkstromnetze mit Hilfe von Einrichtungen, die eine leitende Verbindung mit dem Starkstromnetz erfordern“ vom 1. Oktober 1923)

VDE 0492 „Vorschriften nebst Ausführungsregeln für elektrische Bahnen V.E.B./1932“
(Ersatz für
„Vorschriften für elektrische Bahnen“ vom 1. Januar 1926)

VDE 0504 „Vorschriften für Leitungskupfer“
(Ersatz für
„Kupfernormen“ vom 1. Juli 1914)

VDE 0514* „Vorschriften nebst Ausführungsregeln für den Betrieb von Starkstromanlagen V.B.S./1932“
(Ersatz für
„Vorschriften nebst Ausführungsregeln für den Betrieb von Starkstromanlagen V.B.S./1929“)

2. Regeln.

VDE 0512 „Regeln für Wandler R.E.W./1932“
(Ersatz für
„Regeln für die Bewertung und Prüfung von Meßwandlern“ vom 1. Juli 1922)

VDE 0516 „Regeln für Zähler R.E.Z./1932“
(Ersatz für
„Regeln für Elektrizitätszähler R.E.Z./1927“)

3. Leitsätze.

VDE 0488 „Leitsätze für Schutzmaßnahmen in Starkstromanlagen mit Betriebsspannungen unter 1000 V, L.E.S. 1./1932“
(Ersatz für
„Leitsätze für Erdungen und Nullung in Niederspannungsanlagen“ vom 1. Dezember 1924)

VDE 0490* „Leitsätze für die Bekämpfung von Bränden in elektrischen Anlagen und in deren Nähe“
(Ersatz für
„Leitsätze für die Bekämpfung von Bränden in elektrischen Anlagen und in deren Nähe“ vom 1. Januar 1926)

VDE 0493 „Leitsätze für die Berücksichtigung elektrischer Anlagen bei der Ausführung von Bauten“
(Ersatz für
„Leitsätze für die Herstellung und Einrichtung von Gebäuden bezüglich Versorgung mit Elektrizität“ vom 1. Juli 1910)

VDE 503 „Leitsätze für ruhende elektrische Kondensatoren in Starkstromanlagen“
(Erstmalig)

VDE 507 „Leitsätze für die Bestimmung der Glutfestigkeit von Isolierstoffen“
(Erstmalig)

VDE 509 „Leitsätze zur Prüfung von gewickelten Hartpapierrohren mit kreisförmigem Querschnitt (Rundrohre)“
(Erstmalig)

VDE 510 „Leitsätze zur Prüfung von Hartpapierplatten“
(Erstmalig)

VDE 511 „Leitsätze für die Prüfung und Lieferung von Asbestfabrikaten“
(Erstmalig)

VDE 0515* „Anleitung zur ersten Hilfe bei Unfällen“
(Ersatz für
„Anleitung zur ersten Hilfeleistung bei Unfällen im elektrischen Betriebe“ vom 1. Juli 1907)

VDE 0517 „Leitsätze für den elektrischen Sicherheitsgrad von Starkstromanlagen mit Betriebsspannungen von 1000 V und darüber L.S.G./1932“
(Erstmalig)

4. Normen.

VDE 0505 „Spannungsnormen für Starkstromanlagen über 100 V“
(Ersatz für
„Normen für Betriebsspannungen elektrischer Starkstromanlagen“ vom 1. Januar 1928)

* Als Metallplakat zu beziehen durch J. Ed. Wunderle, Mainz.

Verband Deutscher Elektrotechniker e. V.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

SITZUNGSKALENDER.

Elektrotechn. Gesellschaft Frankfurt a. M. 6. I. 1932, abds. 8 h, Hörsaal der Kunstgewerbeschule, Neue Mainzer Str. 47: Lichtbildervortrag Dr. Vogel, „Moderne Höchstspannungskabel“.

Ostdeutscher Elektrotechn. Verein Königsberg Pr. 4. I. 1932, abds. 8 h, I. Phys. Inst. der Universität, Steindamm 6: Vortrag Dr.-Ing. Gg. J. Meyer, „Wie denkt der Konstrukteur und Erfinder?“.

PERSÖNLICHES.

H. Zilian. — Direktor Hermann Zilian, Leipzig, ist vom Herrn Reichskommissar für Preisüberwachung als Referent zur Bearbeitung von Tarifangelegenheiten der Gas-, Wasser- und Elektrizitätswerke und Verkehrsunternehmungen berufen worden.

BRIEFE AN DIE SCHRIFTLEITUNG.

Leitungschutz-Selbstschalter.

Unter der Bezeichnung „Leitungschutz“-Selbstschalter behandelt HERMANNI in dem obenerwähnten Aufsatz eine neue Serie von 6 A-IS-Schaltern in Form von IS-Schraubstöpseln und IS-Elementen für Zähler- und Verteilungstafeln. Neu ist an diesen IS-Schaltern der höhere Grenzstromwert, ferner die besondere Bezeichnung und ein buntfarbiger Knopf als Unterscheidungsmerkmal gegenüber den bisherigen 6 A-IS-Schaltern.

Schon lange ist in Fachkreisen bekannt, daß die Grenzstromstärken der IS-Schalter (nach den VDE-Richtlinien bemessen) bei sämtlichen Nennstromstärken kleiner sind als diejenigen der Schmelzsicherungen derselben Nennstromstärken. Die Sicherungen sind demnach in bezug auf Leitungs**dauer**belastung günstiger als die jetzigen IS-Schalter. Auf diesen Mangel der IS-Schalter wurde schon mehrfach hingewiesen (s. Elektrizitätswirtschaft vom Juni 1929 und Siemens-Z. vom Mai 1931, H. 5). Die Grenzstromwerte der IS-Schalter sollten überhaupt denjenigen für Schmelzsicherungen angeglichen werden, u. zw. auch die Typen, für die Festlegungen durch die VDE-Richtlinien noch nicht getroffen wurden, also auch diejenigen für Sockelautomaten 20 und 25 A.

Der erwähnte Aufsatz behandelt nun, bevor diese Forderungen ihre verbandsmäßige Erledigung fanden, für sich eine neue Serie von IS-6 A-Schaltern, die den höheren Grenzstrom bereits aufweisen, u. zw. ohne Berücksichtigung der IS-Schalter anderer Nennstromstärken. Begründet wird diese Ausnahmebehandlung mit dem dringenden Bedürfnis, den Querschnitt 1,5 mm² der Verteilungsleitungen, die in Rücksicht auf Fassungsadern und Anschlußschnüre unter 1 mm² mit höchstens 6 A Nennstrom gesichert werden dürfen, besser als bisher ausnutzen zu können.

An sich wäre gegen die Einführung solcher grenzstromstärkeren IS-Schalter nichts einzuwenden, da sie, wie gesagt, endlich den Nachteil gegenüber den 6 A-Schmelzsicherungen beheben. Es lassen die neuen verstärkten IS-6 A-Schalter nämlich ungefähr die gleiche Dauerbelastung der 1,5er Leitungen zu wie die 6 A-Schmelzsicherungen, nämlich etwa 10 A, während die verbandsmäßigen schwächeren IS 6-Schalter nur etwa 6,5 A dauernd ertragen.

Zu bedenken ist bei Einführung der verstärkten IS 6-Schalter jedoch das Folgende: Als zusätzliche Serie würden sie das ganze System in der Typenzahl recht erheblich vermehren, insbesondere wenn Stöpsel und Elemente der neuen Art (wie die bisherigen) mit und ohne Handausschalter geführt werden sollen, u. zw. die Elemente in all ihren Varianten, wie Einbau- und Verteilungselemente usw., außerdem dann auch die Sockelautomaten. Alle diese Typen müßten dann von den bisherigen deutlich durch Kennzeichen unterschieden werden.

Die verstärkten IS-Schalter sind speziell für 6 A Stromkreise von 1,5 mm² Querschnitt bestimmt, dagegen

wohl nicht für solche 1,5er Leitungen, die gemäß Leitungsbelastungstafel mit 10 A Nennstrom gesichert werden dürfen. Es sind das alle diejenigen 1,5 mm²-Stromkreisleitungen, die unmittelbar zu den Glühlampenfassungen oder einzeln zu Motoren führen, desgleichen zu Steckdosen mit Sicherungen für die Anschlußschnüre.

Welche IS-Schalter sind nun hierfür aber zu wählen? Die verstärkten IS 6? — Sie gestatten wie 6 A-Sicherungen nur eine dauernde Stromentnahme von 10 A — oder die bisherigen verbandsmäßigen 10 A-IS? Sie sind ja nicht stärker als die verstärkten IS 6! Notwendigerweise müßten also zur vollen Ausnutzung der 1,5er Leitungen dieser Art auch die 10 A-Schalter verstärkt werden, u. zw. auf den Grenzstrom von etwa 15 A.

Verfolgt man diese Überlegungen weiter zu den Querschnitten 2,5, 4 und 6 mm², so kommt man zu der Forderung, nicht nur die 6 A-IS-Schalter zu verstärken, sondern auch alle anderen, u. zw. auch diejenigen unter 6 und über 10 A.

Man kommt dann aber weiter zu dem Schluß, die bisherigen schwächeren IS-Schalter gänzlich fallen zu lassen und spart dann die sonst notwendige Typenverdoppelung. Man erspart übrigens auch durch eine Verstärkung des Grenzstromes auf der ganzen Linie zugleich die 15 A-Stöpsel und Elemente. Es erübrigt sich dann aber auch eine Sonderbenennung der verstärkten IS-Schalter und auch ein Sonderkennzeichen.

Man sollte sich also für alle Nennstromstufen zu der Grenzstromverstärkung entschließen und endlich eingestehen, daß die verbandsmäßigen Grenzstromwerte der IS-Schalter überhaupt nicht richtig sind, und dann den Fehler beseitigen, statt durch Typenvermehrung das System zu komplizieren.

Sollte eine 6 A-Sonderserie trotz dieser sachlichen Darstellungen z. Z. erwünscht oder nötig sein, so scheint mir doch die Bezeichnung Leitungschutz-IS-Schalter recht bedenklich und verwirrend, da die verbandsmäßig festgelegten Schmelzsicherungen und Selbstschalter bereits ausschließlich für den Leitungschutz vorgesehen sind. — Viel treffender wäre m. E. statt dessen der Hinweis auf den speziellen Verwendungsbereich: die 6 A-Stromkreise mit 1,5 mm² Querschnitt, für die gewiß die verstärkten IS 6-Schalter vorteilhafter sind als die bisherigen.

Unbekümmert um die Verstärkung der 6 A-IS-Schalter für sich sollte aber nunmehr doch der VDE den Entschluß fassen, die jetzigen Unstimmigkeiten der Richtlinien in bezug auf die Grenzstromwerte zu beseitigen und dann auch für die IS-Schalter in verstärkter Ausführung die Kennfarben der entsprechenden Sicherungen vorschreiben. Die von HERMANNI vorgeschlagene Ausführung könnte man bis dahin wohl ohne Besorgnis zur Einführung bringen. Die SSW werden in gleicher Weise verfahren.

Berlin, 11. XI. 1931. Klement.

Erwiderung.

Bei den Leitungschutz-Selbstschaltern ist nicht nur der höhere Grenzstromwert neu und von Bedeutung, sondern ebenso das wesentlich engere Streuband für die Abschaltstromstärke. Von diesen Selbstschaltern wird also eine erheblich größere Genauigkeit in der Abschaltung verlangt als sie nach den bisherigen Leitsätzen für Installations-Selbstschalter erforderlich ist. Die Verbindung der beiden neuen Eigenschaften, nämlich höherer Grenzstromwert und Verringerung der Abschalttoleranz, ist für den Leitungschutz-Selbstschalter von großer Bedeutung, wie in dem Aufsatz ETZ 1931, H. 43, dargelegt. Ob diese Eigenschaften aber für höhere Stromstärken von derselben Bedeutung sind, ist zweifelhaft und bedarf einer genauen Untersuchung im Zusammenarbeiten verschiedener Kommissionen. Ich möchte daher auf diese Frage zur Zeit nicht eingehen, sondern nur nochmals feststellen, daß die größere Entfernung zwischen Nennstrom und Grenzstrom für andere Zwecke, z. B. durch die Rücksicht auf die Nennstromstärke der Apparate nicht günstig sein kann. Es ist also zwar nicht erwünscht, aber nicht sicher, ob man den behandelten Leitungschutz-Selbstschalter nicht doch als einen Sondertyp behandeln muß, u. zw. mit Rücksicht auf die Notwendigkeit, das unverwechselbare Organ der 6 A-Sicherung in den Anlagen beizubehalten.

Berlin, 12. XII. 1931. Hermanni.

LITERATUR.

Besprechungen.

Die theoretischen Grundlagen der Wechselstrommaschinen. Von Dr.-Ing. K. Heinrich. Mit 139 Abb. u. 381 S. in 8°. Verlag Dr. Max Jänecke, Leipzig 1930. Preis kart. 16,20 RM, geb. 18 RM.

Der Verfasser behandelt nur die nach den Transformatorgesetzen arbeitenden Maschinen, d. h. die Asynchronmaschinen und die Synchronmaschinen. Sein leitender Gedanke war, „die Vorgänge so zu erklären, daß sie auch denen, die sich erst mit dem Stoff zu beschäftigen beginnen, schnell verständlich werden können". Dieses Ziel kann im ganzen als erreicht angesehen werden. Durch logische Aneinanderreihung der einzelnen Abschnitte, durch gute bildliche Darstellungen und durch Vergleiche aus dem Gebiete der Mechanik gelingt es dem Verfasser, den an sich komplizierten Stoff auch dem Anfänger zugänglich zu machen. Leider nutzt der Verfasser den ihm zur Verfügung stehenden Raum nicht rationell aus. Dem Görges-Phänomen, das in den Rahmen eines Buches über Grundlagen überhaupt nicht hineinpaßt, werden 14 Seiten gewidmet. Diese Seiten hätten zur Erläuterung des für die elektrischen Maschinen so wichtigen Begriffes der Streuung, die vom Verfasser stiefmütterlich behandelt wird, verwendet werden sollen; Begriffe wie Nutenstreuung und Spulenkopfstreuung fehlen ganz. Ebenso könnte der für die Behandlung von Sonderschaltungen der Mehrphasentransformatoren (Scottsche Schaltung) aufgewendete Raum nützlicher für die Behandlung der Wicklungen der Wechselstrommaschinen Verwendung finden. Dem magnetischen Kreis sollte ein besonderes, kurzes Kapitel gewidmet werden, wodurch auch die Frage, warum bei der Asynchronmaschine die Läuferstäbe im magnetischen Material untergebracht werden müssen (S. 295), beantwortet wäre. Die Erläuterungen über das Anlassen von Synchronmotoren enthalten Widersprüche. Auf S. 284 steht in Sperrdruck: „Ein Synchronmotor muß also unter allen Umständen als Generator zum Netz synchronisiert werden, ehe er an das Netz gelegt werden kann, er muß also bis zum Parallelschalten mit einem Hilfsantrieb versehen sein." Dies trifft nicht zu und steht auch im Widerspruch zu dem auf S. 286/287 Gesagten. Die Dämpferwicklung nach Abb. 86 entspricht nicht der allgemein üblichen Ausführung, da die Längsfelddämpfung fehlt. Die Erläuterungen über den Anlaufvorgang des Kurzschlußläufermotors (S. 296/297) sind geeignet, unrichtige Begriffe einzuführen. Den Sättigungsstoßstrom pflegt man nicht zum Anlaufstrom zu rechnen. In der zweiten Auflage empfiehlt es sich, an Stelle der Abb. 94 eine solche zu bringen, in welcher der Anlaufstrom über der Drehzahl (dem Schlupf) dargestellt ist. Liwschitz.

Prüfbuch für Werkzeugmaschinen. (Die Arbeitsgenauigkeit der Werkzeugmaschinen.) Von Prof. Dr.-Ing. G. Schlesinger. 2., erw. Aufl. Mit 18 Einzelfig. u. 34 Figurengruppen. VII u. 56 S. in 4°. Verlag Julius Springer, Berlin 1931. Preis nach 10prozentiger Preissenkung geb. 10,80 RM, durchschossen 11,70 RM.

Nach kaum dreijährigem Erscheinen liegt eine 2. erweiterte Auflage vor. Dies dürfte schon ein Beweis dafür sein, daß Schlesinger mit der Herausgabe seines Prüfbuches für Werkzeugmaschinen ein wesentliches Bedürfnis der Praxis befriedigt hat. Wenn auch im großen und ganzen der Aufbau des Inhaltes beibehalten worden ist, so sind doch im Inhalt selbst wesentliche Änderungen vorgenommen. Besonders zu begrüßen ist die Erweiterung des Einführungskapitels. Gerade die weitere Durchdringung der Abnahmegrundsätze, Aufbau der Prüfanweisungen, Ausführung der Abnahmeprüfung usw. gereicht dem Ganzen sicher zu großem Nutzen. Insbesondere muß aber begrüßt werden, daß in dem Einführungskapitel auch schematische Skizzen über Anwendung der Meßwerkzeuge, deren Aufstellung usw. gebracht werden. Diese Skizzen geben dem Benutzer des Buches und besonders dem Abnahmebeamten ganz vorzügliche Fingerzeige, und Auseinandersetzungen über zweckmäßigstes Verfahren bei der Abnahme werden zweifelsohne dadurch in Zukunft hintangehalten werden. Schönheitsfehler in der ersten Auflage, wie z. B. zu kleine, schwer leserliche Zeichnungen, sind ausgemerzt. Im übrigen ist das gesamte Bildmaterial von der gleichen guten Darstellung wie früher. Auch die Form des Buches, das man längs gefaltet in die Tasche stecken kann, ist beibehalten worden. F. Ludwig.

Die Anwendung der Nomographie in der Mathematik. Für Mathematiker und Ingenieure dargestellt von Studienrat H. Schwerdt. Mit 240 Abb.

i. Text u. auf 104 Taf., VII u. 116 S. in gr. 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1931. Preis nach 10prozentiger Preissenkung geb. 25,20 RM.

Der praktische Ingenieur lasse sich durch den Titel nicht verleiten, zu meinen, daß das Buch ihm nichts zu sagen hätte. Wenn ihm auch eine große Anzahl von Beispielen, etwa pythagoräische Dreiecke, Eulerscher Polyedersatz, Inkreis und Ankreis, nur mehr oder minder erfreuliche Reminiszenzen aus der Jugendzeit wecken werden, so findet er doch auch in Fülle Dinge, die ihn sehr nahe angehen, etwa die nomographische Behandlung der Interpolationsfehler, des Gaußschen Fehlergesetzes, einiger bestimmter Integrale u. a. m. Darüber hinaus aber werden ihm die knappen Erläuterungen der meist hervorragend schön reproduzierten Rechentafeln nützlich sein, die ihn auf die Vorzüge und Nachteile der einzelnen Konstruktionstypen aufmerksam machen und ihm bei dem Entwerfen eigener Nomogramme manche zeitraubende und mühsame Versuche ersparen können. In diesem Sinne benutzt, wird sich das Buch, das in erster Linie als Ergänzung des Schwerdtschen Lehrbuchs der Nomographie von 1924 gedacht ist, auch als Übungsbuch neben jeder anderen Darstellung des Gegenstandes bewähren. Noch mehr allerdings bietet das Buch dem theoretisch Interessierten, für den sich der Sinn der Nomographie nicht in der Herstellung zeitsparender Rechenhilfsmittel erschöpft, sondern der seine Freude daran hat, verwickelte Funktionszusammenhänge in einfacher Form anschaulich darzustellen. E. Salkowski.

Schmiermittel. Von Dipl.-Ing. C. Walther. (Bd. 23 der Techn. Fortschrittsberichte. Fortschr. d. chem. Technologie in Einzeldarstell. Herausg. v. Prof. Dr. B. Rassow.) Mit 14 Abb., X u. 152 S. in 8°. Verlag Theodor Steinkopff, Dresden u. Leipzig 1930. Preis geh. 11 RM, geb. 12,50 RM.

Das Buch ist als Führer durch die Literatur von hohem Wert, und sowohl der Neuling als auch der erfahrene Techniker wird sich dessen mit Vorteil bedienen. Als Lehrbuch, wie man aus der Vorrede des Herausgebers entnehmen könnte, wird es nicht zweckdienlich sein, da die außerordentlich umfangreiche Materie auf einen sehr knappen Raum zusammengedrängt ist. So werden die angeführten Formeln ohne ausführliche Diskussion dem Leser kaum die Möglichkeit geben, zur Anwendung vorzudringen. Um ein Beispiel zu nennen, sei auf die Formel für log log V_k S. 103, hingewiesen. Soll diese Formel einen physikalischen Sinn haben, so muß sie für alle Zähigkeiten gelten, z. B. $V_{k:0} = 1$ oder $V_{k:0} = 0{,}9$, und es müßte gezeigt werden, wie in diesen Fällen die Zahlenrechnung durchzuführen ist. Dieselbe Bemerkung gilt für log log in der Mischungsformel S. 107.

Der Inhalt der Schrift ist auf vier Kapitel verteilt:
1. Schmierwert der Schmiermittel,
2. Herstellung der Schmieröle,
3. Chemische Natur der Schmieröle,
4. Analyse der Schmieröle.

Den Schluß bildet ein Patentregister nebst Namen- und Sachregister.

Daß die Literaturangaben lückenlos vollständig sein sollen, kann man nicht verlangen in Anbetracht der rasch wachsenden Zahl der Veröffentlichungen. Schon aus diesem Grund sind dem mit großer Sorgfalt zusammengestellten Bericht, der als Hilfsmittel zur Orientierung in keiner Bibliothek eines Fachmannes fehlen sollte, baldigst Neuauflagen zu wünschen. Georg Duffing.

Neue Zeitschriften.

Rufer und Hörer. Monatshefte für den Rundfunk. Unter Mitwirk. d. Reichs-Rundfunk-Gesellschaft herausg. v. Th. Hüpgens, Berlin. 1. Jahrg., 1931, H. 1 u. 2. Deutscher Kunstverlag, Berlin 1931. Preis je Heft 1,25 RM.

Die neue Zeitschrift will nicht die Zahl der vorhandenen Wochenschriften, die sich in der Hauptsache mit der Technik des Rundfunks, besonders des Empfängers, und der Mitteilung und Erläuterung der Programme befassen, vermehren. Sie will vielmehr tiefer schürfend den geistigen, künstlerischen und ethischen Grundlagen des Rundfunks nachgehen und ein Mittler sein zwischen den Trägern und Sprechern einerseits und den Hörern anderseits. In den Monatsheften sollen alle Fragen, die den geistigen Unterbau des Rundfunks berühren und seiner Weiterentwicklung dienen, erörtert werden, und es sollen sowohl die beruflichen Rundfunkleute als auch die Hörer mit ihren Meinungen und Zweifeln zu Worte kommen.

M. Bäumler.

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Der absolute Beschäftigungsgrad. — Dem bisher u. a. am monatlichen Umsatz gemessenen oder, wie es der VDMA tut, als Verhältnis der tatsächlichen Arbeitsstunden zu dem Produkt aus normaler Arbeiterzahl und tarifmäßiger Arbeitszeit definierten, nach ihrer Ansicht durchaus relativen Beschäftigungsgrad eines Betriebs stellen Ch. Klotzsch und R. Kübler[1] den absoluten Beschäftigungsgrad gegenüber, d. h. den Quotienten aus für kostendeckende Aufträge wirklich geleisteten Betriebsmittelstunden durch die sich als Produkt aus Zeitstunden und Anzahl der vorhandenen Betriebsmittel ergebenden verfügbaren Betriebsmittelstunden, der also nie größer als 1 oder 100 % sein kann, vielmehr durch die tägliche Arbeitsdauer, Feiertagsruhe, unvermeidliche Betriebsunterbrechungen, Reservemittel und nicht vollausgenutzte Spezialmaschinen unter diesen Idealwert auf den Normalwert hinabgedrückt wird. Er läßt mithin den für die Beurteilung des jeweiligen Zustandes wichtigen Unterschied zwischen beiden Werten erkennen, was bei den bisher angewandten Verfahren, die den Normalwert = 100 % setzen, nicht der Fall ist. Besondere Bedeutung messen die Verfasser dem mittleren monatlichen absoluten Beschäftigungsgrad zu, weil er den Vorteil hat, die durch die Feiertagsruhe verursachten Schwankungen etwas auszugleichen, die verschiedene Länge der einzelnen Monate freilich nicht berücksichtigt. Praktisch berechnen läßt sich der absolute Beschäftigungsgrad, wie die Verfasser nach Ausführungen über seinen Einfluß auf die Kostenentwicklung bemerken, deshalb sehr einfach, weil für die Feststellung der verfügbaren Betriebsmittelstunden nur die vorhandenen Maschinen und Arbeitsplätze gezählt zu werden brauchen und sich in Betrieben mit nur einigermaßen geordnetem Abrechnungswesen auch die tatsächlich geleisteten Betriebsmittelstunden leicht finden lassen. Nach Ansicht von Klotzsch und Kübler bildet der absolute Beschäftigungsgrad den Schlüssel zur Beeinflussung der Kostenentwicklung durch die von der Kalenderzeit abhängigen und auch während der Betriebsruhe weiterlaufenden festen Kosten und gestattet, da von normaler Arbeiterzahl und tarifmäßiger Arbeitszeit unabhängig, im Gegensatz zu den anderen Verfahren ohne besondere Umrechnungen Vergleiche zwischen Betrieben mit mehreren Schichten und solchen, die täglich nur einschichtig ihre Arbeit leisten. Schließlich weisen die Verfasser darauf hin, daß man, um mit dem absoluten Beschäftigungsgrad ebenso wie mit dem relativen das Verhältnis des augenblicklichen Standes eines Betriebs zum normalen unabhängig von der Arbeiterzahl zu kennzeichnen, den „Belastungsgrad" als Quotienten der monatlich wirklich geleisteten durch die normalen monatlichen Betriebsmittelstunden bilden könnte.

Elektrotechnischer Außenhandel der V. S. Amerika[2]. — Wie das vorläufige Ergebnis zeigt, hat sich die Ausfuhr elektrischer Maschinen, Apparate und Zubehörteile im September 1931 bei insgesamt 7 210 877 $ um 2 512 115 $ (26 %) gegen den gleichen Monat des Vorjahres (9 722 992 $) verringert. Wesentlich kleinere Werte zeigt der Export von Akkumulatoren (166 254 gegen 299 105 $), Starkstromschalttafeln (20 198 gegen 372 476 $), stationären Motoren (138 522 gegen 261 168 $), Waschmaschinen für den Haushalt, z. T. auch von Radiogerät, Material für Innenbeleuchtung (96 262 gegen 256 467 $) und von nicht näher bezeichneten elektrischen Apparaten (312 603 gegen 875 785 $). Erheblich gewachsen ist die Ausfuhr von Kühlvorrichtungen für den Haushalt und von Radioempfängern (auf 1,471 Mill $). In den abgelaufenen neun Monaten betrug der Export 72 071 438 $, d. s. 28 288 308 $ (28 %) weniger als in der Parallelzeit von 1930 (100 359 746 $).

[1] Techn. Wirtsch. Bd. 24 (1931), S. 241.
[2] El. World Bd. 98 (1931), S. 889. Vgl. ETZ 1931, S. 1428.

Bezugsquellenverzeichnis.

Anfragen, denen Rückporto nicht beigefügt ist, bleiben unbeantwortet. Die Anfragen sind an die Schriftleitung der Elektrotechnischen Zeitschrift, Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, zu richten.

Frage 47: Welche italienische Firma stellt die magnetelektrische Schlagbohrmaschine „Simbi" her oder welche deutsche Firma baut ähnliche Maschinen?

Abschluß des Heftes: 24. Dezember 1931.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 16 250 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Hilfsschützensystem für die Trieb- und Beiwagen der Berliner Stadt-, Ring- und Vorortbahnen.

Mitteilung der AEG.

In elektrischen Triebfahrzeugen ist zwar die Steuerung das wichtigste Organ, da von ihrer Betriebsfähigkeit der Fahrbetrieb abhängt. Die störungsfreie Durchführung des Fahrbetriebes erfordert jedoch eine Anzahl Nebeneinrichtungen, die zur Erhöhung der Betriebsicherheit, zur Verhinderung von Beschädigungen an Ausrüstungsteilen oder anderen Zwecken dienen.

Jeder Triebwagen der Berliner Stadt-, Ring- und Vorortbahnen ist mit einem von der AEG gelieferten Hilfsschützensystem (Abb. 1) ausgerüstet, in dem drei Einzelschütze, Nullspannungschütz, Pumpenschütz und Heizschütz mit Vorschaltwiderständen eingebaut sind, die folgende Aufgaben haben:

Alle Schaltwerke der Triebwagen eines Zuges werden vom führenden Wagen aus gesteuert. Beim Ueberfahren stromloser Strecken ist der Steuerstrom in den durch den ganzen Zug führenden Steuerleitungen nur solange unterbrochen, wie die Stromabnehmer des führenden Wagens nicht anliegen; laufen diese wieder auf, dann würden bei eingeschaltetem Führerschalter auch die Schaltwerke der Triebwagen weiter arbeiten, deren Stromabnehmer nicht anliegen und deren Motoren stromlos sind. Der Schalttakt der Steuerung jedes Wagens wird vom Motorstrom überwacht. Fehlt der Motorstrom, so könnte das Schaltwerk eine den übrigen Schaltwerken gegenüber vorauseilende Schaltstellung einnehmen und die Motoren des Wagens würden beim Wiederauflaufen der Stromabnehmer auf die Stromschiene schädliche Stromstöße erhalten. Zur Vermeidung derartiger Störungen dient das Nullspannungschütz, dessen Zugspule von den Stromabnehmern des eigenen Wagens gespeist wird; die Kontakte dieses Schützes schließen bei vorhandener Netzspannung den Steuerstrom für Hauptschütz und Schaltwerk des Triebwagens. Bleibt die Spannung z. B. infolge Ablaufens der Stromabnehmer aus, dann fällt das Schütz ab, unterbricht den Steuerstrom und die Steuerung geht in die Nullstellung zurück. Beim Wiederkehren der Spannung schaltet das Nullspannungschütz ein und die Steuerung läuft unter Einhaltung des Anlaßvorganges wieder in die vom Führerstand bestimmte Schaltstellung; eine schädliche Beanspruchung der Motoren wird dadurch sicher verhindert.

Der Druckluftbedarf für Bremse und Steuerung wird in jedem Wagen von einer Luftpumpe erzeugt, die durch einen Druckregler überwacht wird. Die Luftpumpenmotoren jedes Wagens werden durch das Pumpenschütz geschaltet, dessen Zugspulen an einer durchgehenden Leitung liegen und vom Führerstand aus durch deren Einschalten gleichzeitig in Betrieb gesetzt werden können. Bei einer unteren Druckgrenze schließt der Druckregler einen Stromkreis für das Pumpenschütz, bei Erreichung einer oberen Druckgrenze wird er ausgeschaltet.

Die elektrische Heizung der Wagen erfordert eine Leistung von etwa 12 kW für Triebwagen und etwa 15,5 kW für Beiwagen.

Mit Rücksicht auf Unterschiede in der Außentemperatur sind mehrere Heizstufen vorgesehen, die durch einen an jedem Wagen vorgesehenen Heizschalter eingestellt werden können. Ein Teil der Heizung ist vom Führerstand aus ein- und ausschaltbar, je nachdem die Außentemperaturgrenzen während des Betriebes sich ändern. Das Ein- und Ausschalten dieses Teiles der Heizung geschieht vom Führerstand aus durch die Heizschützen, die ebenso wie die Pumpenschützen an einer durchgehenden Steuerleitung liegen.

K19444

Abb. 1. Schützsystem für Triebwagen.

Für die genannten Zwecke wird das von der AEG entwickelte Schütz GLS 2 (Abb. 2) verwendet. Es besteht aus einem eisernen Magnetgestell, dem Kontaktsystem und der Funkenlöscheinrichtung. Nullspannung-, Pumpen- und Heizschütz sind also gleicher Ausführung und austauschbar; nur die Funkenlöschspule des Nullspannungschützes hat mit Rücksicht auf seinen Schaltstrom eine abweichende Windungszahl.

Die Zugspulen der Schütze sind für etwa 100 V gewickelt und mit Vorschaltwiderständen in Reihe geschaltet. Schütze und Vorschaltwiderstände sind in staub- und regendichte Gehäuse eingebaut, die unter dem Wagen aufgehängt sind.

AEG K19445

Abb. 2. Hilfsschütz GLS 2.

Die Züge der Berliner Stadtbahn sind aus Trieb- und Beiwagen zusammengesetzt; da die Beiwagen weder Motoren noch Steuerungen haben, so sind hier auch Nullspannung- und Pumpenschütz nicht erforderlich, sondern lediglich das Heizschütz; dieses ist mit den zugehörigen Vorschaltwiderständen allein in einem besonderen Gehäuse ähnlicher Ausführung, jedoch von kleineren Abmessungen, eingebaut und ebenfalls unter dem Wagen aufgehängt.

Bearbeitung von Preßzell.

Mitteilung der AEG.

Als Preßzell wird das von der AEG hergestellte Hartpapier bezeichnet. Das Plattenmaterial wird entsprechend den „Leitsätzen zur Prüfung von Hartpapierplatten“ des VDE in drei Klassen eingeteilt:

Klasse I „in brauner Farbe für hohe elektrische Beanspruchungen und Wärmegrade bis 110°, besonders auch für Verwendung unter Oel“,

Klasse II „für vorwiegend mechanische, sowie für normale elektrische Beanspruchungen“,

Klasse III entspricht den Anforderungen der Fernmeldetechnik.

Abb. 1. Geformte Stücke aus Preßzell.

Außerdem stellt die AEG Sondermaterial her, wie:

Abb. 2. Durchführung mit Metalleinlage.

Preßzell „Tf“ für Hochfrequenzzwecke, Preßzell „Fb“ besonders feuchtigkeitsbeständig, Preßzell „Stz“ für Stanzzwecke (bis zu 3 mm Dicke) und Preßzell „Mas“ mit gemaserter, marmorierter oder gemusterter Oberfläche.

Das Rohrmaterial entspricht den „Leitsätzen zur Prüfung von gewickelten Hartpapierrohren mit kreisförmigem Querschnitt (Rundrohre)“ des VDE. Außerdem werden noch Rohre, wie auch Vollstäbe mit ovalen oder mehrkantigen Querschnitten geliefert.

Für die Bearbeitung von Preßzell, die gegebenenfalls vom Verbraucher selbst vorgenommen werden kann, hat die AEG besondere Vorschriften herausgegeben.

Im gepreßten Zustande kann Preßzell, ähnlich wie Hartholz oder Messing, nur noch durch spanabhebende Werkzeuge bearbeitet werden. Es kann gehobelt, gesägt, gebohrt, geschnitten, gefräst, gedreht, poliert, mit Gewinde versehen und in geringen Stärken auch gestanzt werden (vgl. Abb. 1 bis 4).

Es empfiehlt sich möglichst hohe Schnittgeschwindigkeiten bei geringem Vorschub anzuwenden und bei der Bearbeitung irgendwelche Schmiermittel zu vermeiden. Die Schnittwerkzeuge müssen besonders scharf gehalten werden. Es eignet sich im allgemeinen ein guter Schnellschnittstahl; ganz besonders hat sich Osram-Hartmetall bewährt. Man kann mit Osram-Hartmetall-Schnittwerkzeugen 20 bis 30 mal so lange arbeiten wie mit Schnellschnittstahl usw., ohne das Werkzeug schleifen zu müssen.

Zum Sägen des Preßzells verwendet man Kreis- bzw. Bandsägen. Die vorteilhafteste Schnittgeschwindigkeit bei Kreissägen liegt bei 50 bis 60 m/s. Die hohl geschliffenen und nicht geschränkten Kreissägeblätter erzeugen einen sauberen Schnitt. Bei Kreissägeblättern mit geschränkten Zähnen erhält man einen rauhen Schnitt, jedoch ist die Leistung im letztgenannten Falle bedeutend höher als bei den hohl geschliffenen, ungeschränkten Kreissägeblättern. Die Zahnteilung ist am vorteilhaftesten von 5 bis 12 mm und richtet sich je nach der Stärke des zu sägenden Materials. Die Bandsägen läßt man mit einer Schnittgeschwindigkeit von 25 bis 30 m/s arbeiten.

Beim Drehen ist eine Schnittgeschwindigkeit von etwa 0,84 m/s bei einem Vorschub von 0,3 bis 0,5 mm je Umdrehung anzuwenden.

Die Schnittgeschwindigkeiten beim Bohren betragen etwa 0,5 m/s bei einem Vorschub (bei 10 bis 60 mm Lochdurchmesser) von 0,2 bis 0,4 mm. Beim Bohren in Schichtrichtung muß das Material stets fest eingespannt sein.

Abb. 3. Bearbeitete Preßzellteile.

Preßzell „Stz“ läßt sich bis zu 3 mm Stärke mit scharfen Werkzeugen gut stanzen. Platten über 1 mm Stärke sind vor dem Stanzen anzuwärmen bis 120°.

Beim Hobeln, Fräsen, Bohren ist das Werkstück am Auslauf des Schnittwerkzeuges durch eine Gegenlage zu schützen, damit ein Spalten bzw. stärkere Gratbildung verhindert wird.

Abb. 4. Stanzteile aus Preßzell Tf u. a., Montageplatte mit 176 Löchern und Schlitzen, in einem Arbeitsgang gestanzt.

Da vielfach nicht genügende Einrichtungen bzw. Erfahrungen über die Bearbeitung vorliegen, wird empfohlen, die Teile fertig bearbeitet zu beziehen.

Bei der Schriftleitung der „ETZ" eingegangen:

Bücher.

Elektrophorese, Elektroosmose, Elektrodialyse in Flüssigkeiten. Von Dr.-Ing. P. H. Prausnitz u. Dr. phil. Dr. techn. J. Reitstötter. Bd. 24. d. Wiss. Forschungsberichte, herausg. v. R. E. Liesegang.) Mit 54 Abb., XII u. 307 S. in 8°. Verlag Theodor Steinkopff, Dresden u. Leipzig 1931. Preis geh. 18,50 RM, geb. 20 RM.

Listen und Drucksachen.

(Bezug durch die Firmen.)

Monette-Asbestdraht G. m. b. H., Berlin-Stralau. Druckschr. über wärmebeständige Leitungen.
Von den Spezialerzeugnissen sind hervorzuheben: Gummiaderleitungen mit Asbestumflechtung, reine Asbestleitungen ohne Gummiisolation, Heiz- und Widerstandskordeln mit Asbestumspinnung bzw. Asbestflechtung und hochohmige Widerstandskordeln bis zu einem Grenzwert von 1 Mill Ω/m.

Robert Abrahamsohn G. m. b. H., Berlin-Steglitz. Katalog 17: Meßinstrumente, Widerstände.

Paul Firchow Nachfgr.-Landis & Gyr, App.- u. Uhren-Fabr. AG., Berlin SW 61. Druckschr.: Schaltuhren für selbsttätige Treppenbeleuchtung; Elektrizitätszähler mit eingebauter Schaltuhr; Der registrierende Apparat „Maxigraph" als Kontrollinstrument zur Überwachung des Arbeitsvorganges bei Stetigholzschleifern.

Osram G. m. b. H., Komm.-Ges., Berlin O 17, Liste 41, Mai 1931: Lampen für Kleinspannungen 24 u. 42 V; Osram-Lichtheft S 9: Kirchenbeleuchtung. Von Dipl.-Ing. E. Summerer. (Sonderabdr. aus „Das Licht", 1. Jahrg., H. 2 u. 3.)

Elektro-Führersitzkarren für die Telegraphenbautrupps der Deutschen Reichspost.

Mitteilung der AEG.

Bis vor nicht langer Zeit waren in den Städten die Bautrupps der Telegraphenbauämter zu sehen, die ihre Wagen mit Baustoffen, Werkzeugen, Geräten u. a. m. von den Sammelstellen oder Lägern zu den Baustellen selbst ziehen mußten, was den neuzeitlichen Arbeitsverfahren nicht mehr entsprach. Für den Hin- und Rücktransport wurde viel Zeit benötigt, und die Arbeiter trafen häufig auf der Baustelle ermüdet ein. Es ist verständlich, daß man danach strebt, die Arbeitsbedingungen zu erleichtern und zweckmäßiger zu gestalten.

Abb. 1. AEG-Elektro-Führersitzkarren EKF 2002 für die Deutsche Reichspost mit Aufbau für Verteilungskabelziehtrupps.

Es wurde daher nach einem Ausweg gesucht, der die vorstehend erwähnten Nachteile vermeidet und den Betrieb wirtschaftlicher gestaltet. Das für diese Zwecke zu beschaffende Fahrzeug muß einfach und leicht zu bedienen sein, es muß die Möglichkeit bieten, nicht nur die Baustoffe usw., sondern auch die Arbeiter zu befördern, die Abmessungen müssen gering sein, um beim Aufenthalt auf der Baustelle nicht zuviel Raum von der Fahrbahn der Straße in Anspruch zu nehmen.

Abb. 2. AEG-Elektro-Führersitzkarren EKF 2002 für die Deutsche Reichspost mit Aufbau für Verteilungskabelziehtrupps; hintere Bordwand heruntergeklappt und Plane geöffnet.

Die Deutsche Reichspost, welche die Vorteile der Verwendung elektrisch angetriebener Fahrzeuge in den großen Städten als erste Behörde erkannt hat und die Elektrofahrzeuge seit vielen Jahren verwendet, wählte als Fahrzeug für die Telegraphenbautrupps, soweit diese einen Überlandverkehr nicht auszuführen haben, Elektro-Führersitzkarren. Die AEG konnte für vorgenannte Zwecke kürzlich 30 Elektro-Führersitzkarren der Bauart EKF 2002, d. h. für eine Tragkraft von 2000 kg abliefern.

Das Fahrgestell entspricht in seiner allgemeinen Ausführung der im heutigen Automobilbau üblichen Bauart und ist für eine Tragfähigkeit von 2000 kg bei einer

Geschwindigkeit bis zu 20 km/h mit Last
und „ „ 24 „ ohne Last

bemessen. Der Antrieb erfolgt durch zwei vollkommen geschlossene Hauptstrommotoren auf die Räder der Hinterachse. Als Kraftquelle dient eine Gitterplatten-Batterie, bestehend aus 40 Zellen mit einem fünfstündigen Fassungsvermögen von 240 Ah. Da alle Führersitzkarren mit Aufbauten versehen sind, ist die Batterie seitlich herausziehbar, wodurch eine leichte Prüfung, sowie eine schnelle Auswechselbarkeit ermöglicht wird. Gelenkt werden die beiden Vorderräder linksseitig durch eine Handradsteuerung mit sehr kräftiger Lenksäule. Der Fahrschalterhebel, mit dem auch die elektrische Bremse betätigt wird, und in dessen Handgriff der Druckknopf für die elektrische Hupe sich befindet, ist an der linken Wand der Führersitzverkleidung angebracht. Die mechanische Bremse, als Innenbackenbremse auf die Treibräder wirkend, wird durch einen Fußhebel betätigt, während ein Handhebel mit Rastenstellung bei vollkommener Stillsetzung des Fahrzeuges dieses in der Ruhelage feststellt, was jedoch nur erforderlich ist, wenn der Führer das Fahrzeug verläßt.

Abb. 3. AEG-Elektro-Führersitzkarren EKF 2002 für die Deutsche Reichspost mit Aufbau für Verteilungskabellötertrupps; rechte Seite geöffnet.

Der Führersitz ist durch eine feste Rückwand mit Dach sowie durch eine verstellbare Windschutzscheibe abgeschlossen. Die Seitenöffnungen sind durch Segeltuchvorhänge mit Cellonfenstern verschlossen. Die Ausrüstung wird durch elektromagnetische Winker und einen elektrischen Scheibenwischer vervollständigt.

Die Aufbauten sind verschiedenartig; Abb. 1 zeigt einen Elektro-Führersitzkarren mit einem Aufbau für Verteilungskabelziehtrupps. Dieser besteht aus einer Ladepritsche, die an den Längsseiten und an der Vorderseite mit festen Bordwänden versehen ist. An den Längsseiten der Bordwände sind hochklappbare Sitzbänke angebracht, die gleichzeitig als Kästen ausgebildet sind (Abb. 2); die hintere Bordwand ist herunterklappbar und wird in dieser Stellung durch Ketten gehalten. Ein entsprechend ausgebildetes Brett wird als Aufstieg benutzt. Der ganze Aufbau ist mit einer Plandecke überdeckt.

Der Aufbau für Verteilungskabellötertrupps ist aus Abb. 3 ersichtlich und weicht von dem vorhergehend beschriebenen nur insofern ab, als eine Seite mit herausziehbaren Kästen ausgerüstet ist. Diese Kästen, in schrankartigem Aufbau, werden durch eine verschließbare, zweiflügelige Tür während der Fahrt gesichert. Im übrigen dient auch dieses Fahrzeug für die Beförderung von Personal; entsprechende Sitzgelegenheiten, die Rückenlehne und Armstützen haben, sind vorhanden.

Verbrauchs-Meßgerät für Dreileiter-Drehstromanlagen.

Mitteilung der AEG.

Mit dem von der AEG entwickelten Meßgerät (s. Abb.) für Dreileiter-Drehstromanlagen ist man in der Lage, folgende Werte zu ermitteln:

a) Bei gleicher und ungleicher Belastung der Phasen
 1. den Wirkverbrauch,
 2. die mittlere Höchstwirkbelastung;

b) bei gleicher Belastung der Phasen
 1. den Blindverbrauch,
 2. den mittleren Leistungsfaktor,
 3. den Scheinverbrauch.

Das Meßgerät besteht im wesentlichen aus zwei Einphasen-Wechselstromzählern, die nach dem Zweiwattmeter-Verfahren zusammengeschaltet sind. Jeder Zähler enthält je ein gesondertes Triebsystem und Zählwerk, so daß die Einzelangaben der beiden Systeme sofort abgelesen werden können. Außerdem werden die Scheibenumdrehungen der beiden Wechselstromzähler über ein Differential addiert und die Summe der Umdrehungen wird durch ein Gestänge auf ein gemeinsames Meßwerk übertragen, das die mittlere Höchstbelastung anzeigt. Zur ¼- oder ½-stündlichen Auslösung des Höchstlastzeigers dient ein kleiner, ebenfalls eingebauter Ferrarismotor. Aus den Angaben der beiden Zählwerke und des Höchstlastanzeigers ist es ohne weiteres möglich, die oben angeführten Werte zu bestimmen. Bedeutet A_1 die Angabe des ersten Zählwerks und A_2 die des zweiten Zählwerks, dann ist:

$A_1 + A_2$ = Wirkverbrauch (A_w)

und bei annähernd gleicher Phasenbelastung

$(A_2 - A_1) \cdot 1{,}732$ = Blindverbrauch (A_b).

Aus dem Verhältnis des Blindverbrauchs zum Wirkverbrauch kann man dann berechnen

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{A_b}{A_w}$$

Hiernach findet man leicht den mittleren Leistungsfaktor der Anlage.

Ein Zahlenbeispiel dient zur näheren Erläuterung: Bei der ersten Ablesung zeige an:

Zählwerk 1 (A_1) : 137,6 kWh,
 „ 2 (A_2) : 531 kWh,
Höchstlastanzeiger: 200 Teilstriche,
1 Teilstrich = 10,2 W.

Man erhält dann:

W i r k v e r b r a u c h :

$A_w = A_1 + A_2 = 137{,}6 + 531 = 668{,}6$ kWh,
mittlere Höchstbelastung $= 200 \cdot 10{,}2 = 2040$ W. Außerdem erhält man, annähernd gleiche Belastung vorausgesetzt:

B l i n d v e r b r a u c h :

$A_b = (A_2 - A_1) \cdot 1{,}732 = (531 - 137{,}6) \cdot 1{,}732 = 682$ BkWh.

Mittlerer Leistungsfaktor:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{A_b}{A_w} = \frac{682}{668{,}6} = 1{,}02,$$
$\varphi = \sim 45° \, 29'$,
$\cos \varphi = \sim 0{,}7$.

S c h e i n v e r b r a u c h :

$$A_s = \frac{A_w}{\cos \varphi} = \frac{668{,}6}{0{,}7} = 954 \text{ kVAh}.$$

Der Zähler zeigt bei der nächsten Ablesung
Zählwerk 1 : 82,6 kWh,
 „ 2 : 977 kWh,
Höchstlastanzeiger: 183 Teilstriche.

Man muß jetzt, um den Verbrauch seit der letzten Zählerablesung zu bestimmen, den vorherigen Zählerstand von dem jetzigen abziehen. Das ergibt folgenden Verbrauch:

Zählwerk 1: $82{,}6 - 137{,}6 = - 55$ kWh,
 „ 2: $977 - 531 = 446$ kWh.

Jetzt kann man bestimmen:

W i r k v e r b r a u c h :

$A_w = A_1 + A_2 = - 55 + 446 = 391$ kWh,
mittlere Höchstbelastung: $= 183 \cdot 10{,}2 = 1866$ W.

Ferner findet man, annähernd gleiche Belastung vorausgesetzt:

B l i n d v e r b r a u c h :

$A_b = (A_2 - A_1) \cdot 1{,}732 = (446 + 55) \cdot 1{,}732 = 868$ BkWh.

Meßgerät für Dreileiter-Drehstrom Form $O_2 J_6$ zur Bestimmung von Wirkverbrauch, Höchstwirkleistung, Blindverbrauch, mittlerem Leistungsfaktor und Scheinverbrauch.

Mittlerer Leistungsfaktor:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{A_b}{A_w} = \frac{868}{391} = 2{,}22$$
$\varphi = 65° \, 50'$
$\cos \varphi = \sim 0{,}41$.

S c h e i n v e r b r a u c h :

$$A_s = \frac{A_w}{\cos \varphi} = \frac{391}{0{,}41} = 955 \text{ kVAh}.$$

Das Meßgerät hat also außerordentlich vielseitige Verwendungsmöglichkeiten. Die beiden eingebauten Einphasen-Wechselstromzähler sind mit dem Triebsystem des Wechselstromzählers Form J 6 ausgerüstet. Auch in diesem Falle verbürgen also die bekannten hervorragenden meßtechnischen Eigenschaften des J 6-Zählers große Meßgenauigkeit bei Bestimmung des Wirkverbrauches und der Höchstlast. Das Meßgerät kann außerdem unter der meist zutreffenden Voraussetzung symmetrischer Belastung der drei Phasen für alle vorkommenden Verbrauchsmessungen in Dreileiter-Drehstromnetzen verwendet werden.

Abwendung der Abschaltung von Einanker-Umformern bei Hochspannungs-Netzstörungen.

Mitteilung der AEG.

Wenn Einanker-Umformer infolge Störungen im Hochspannungsnetz abgeschaltet werden müssen, vergeht für das Wiederanfahren und Parallelschalten sowie Zuschalten auf das Netz eine Zeit, die ein Vielfaches der Störungsdauer im Hochspannungsnetz beträgt. Obwohl bei neuzeitlichen Umformern die Notwendigkeit des Abschaltens durch geeignete Relaisanordnungen auf die Fälle von Kurzschlüssen in der Nähe der Umformerstation beschränkt werden kann, ist es doch wichtig, auch die Auswirkung dieser wenigen Störungen im Netz so klein wie möglich zu halten. Die AEG hat zu diesem Zwecke automatische Einrichtungen durchgebildet, die bei sehr weitgehenden Absenkungen der Spannung im Hochspannungsnetz während einiger Sekunden gestatten, die Einankerumformer sich selbst zu überlassen und nach Wiederkommen der Hochspannung die schnellste Wiederaufnahme der Stromlieferung durch die Einankerumformer bewirken. Diese Einrichtungen sind je nach den Betriebsverhältnissen verschieden. Vor allem muß man dabei unterscheiden, ob die Einankerumformer allein oder parallel mit Batterien bzw. andern vom Hochspannungsnetz der Einankerumformer unabhängigen Gleichstromerzeugern arbeiten, zum letztgenannten Fall gehört auch das Parallelarbeiten von Einakerumformern, die an verschiedene mit einander nicht in Verbindung stehende Hochspannungsnetze angeschlossen sind.

Abb. 1. Relaissatz für die Umformer-Stützschaltung.

Im folgenden soll die Einrichtung für parallel arbeitende Umformer beschrieben werden und zwar wird als Beispiel der parallel arbeitenden unabhängigen Gleichstromerzeuger eine Batterie gewählt, da dieser Fall wohl am häufigsten vorliegt.

Die Wirkungsweise der Einrichtung beruht auf dem Auftreten von Rückstrom im Einankerumformer bei Absenkung der Drehstromspannung, da dann die Batterie über den Umformer ins Drehstromnetz speist. Der Umformer bleibt so lange synchron, als die synchronisierende Kraft des Drehstromnetzes vorhanden ist, also bis herab zu einem Bruchteil der Nennspannung; bei vollständigem Wegbleiben der Drehstromspannung läuft der Umformer als von der Gleichstromseite gespeister Nebenschlußmotor weiter. Um hierbei einesteils die für das Zurückspeisen verwendete Gleichstromenergie zu begrenzen und anderseits die Drehzahl des Umformers zu beherrschen, wird im Störungsfall durch den auftretenden Rückstrom mit Hilfe eines Stromrichtungsrelais ein Begrenzungswiderstand auf der Gleichstromseite dem Umformer vorgeschaltet. Nach Wiederkehr der Drehstromspannung wird der Begrenzungswiderstand durch einen zweiten, bei Vorwärtsstrom schließenden Kontakt des Stromrichtungsrelais wieder überbrückt und der Umformer nimmt die Stromlieferung wieder auf, wie vor der Störung. Ein Zeitüberwachungsrelais sorgt dafür, daß der Umformer, wenn die Spannung nicht nach einigen Sekunden wiederkehrt, vom Netz getrennt wird.

Aus dem Gesagten ist zu erkennen, daß die gesamte Einrichtung sehr einfach ist. Sie besteht aus dem Stromrichtungsrelais, einem Zwischen- und Zeitrelaissatz (Abb. 1) und dem Begrenzungswiderstand mit ferngesteuertem Überbrückungschalter (Abb. 2); naturgemäß muß der Hauptschalter sowohl auf der Drehstromseite als auch gleichstromseitig für elektrische Fernauslösung eingerichtet sein.

Das Stromrichtungsrelais schließt bei Rückstrom einen Kontakt, der über ein Zwischenrelais den Kurzschließer des Begrenzungswiderstandes momentan öffnet, so daß der Umformer von der Gleichstromseite aus nur noch mit Teilspannung und mit stark herabgesetztem Strom läuft. Gleichzeitig beginnt das in dem Zwischenrelaissatz enthaltene Zeitüberwachungsrelais zu laufen. Kehrt die Drehstromspannung wieder, so findet wieder ein Stromrichtungswechsel im Umformer statt, das Stromrichtungsrelais öffnet den Rückstromkontakt und schließt einen zweiten Kontakt, den Vorwärtsstromkontakt. Hierdurch wird das Zeitüberwachungsrelais außer Tätigkeit gesetzt und über ein Zwischenrelais mit Verzögerung der Ueberbrückungschalter eingeschaltet, so daß der Umformer die Stromlieferung wieder aufnimmt. Kehrt die Drehstromspannung nicht vor Ablauf der am Zeitüberwachungsrelais eingestellten Zeit wieder, so wird durch dieses der Umformer drehstrom- und gleichstromseitig vom Netz abgeschaltet und muß dann nach Beendigung der Störung von Hand wieder angelassen werden. Dieser Fall wird aber nur bei vollständiger Unterbrechung der Drehstromzufuhr eintreten, also wenn auch die Störung auf der Drehstromseite nicht vorübergehend, sondern durch einen bleibenden Schaden im Kabelnetz oder der Zentrale verursacht ist.

Abb. 2. Strombegrenzungswiderstände zur Stützschaltung für einen Einanker-Umformer von 2300 kW.

Eine besondere Schaltung ist erforderlich, wenn der Umformer auf der Gleichstromseite einen Nulleiter hat, da dieser bei einer Störung geöffnet werden muß, so daß er mit einem fernbetätigten Schalter versehen werden muß. Da die Inbetriebhaltung der Umformer durch Unterstützung von der Gleichstromseite erfolgt, hat die Einrichtung die Bezeichnung „Stützschaltung" erhalten. Sie ist zu empfehlen bei Vorhandensein von Batterien oder anderer unabhängiger Gleichstromerzeuger, die groß genug sind, um kurzzeitig außer ihrer eigenen Nennlast die Last der Umformer und dazu noch die zur Stützung dieser erforderliche Energie zu liefern.

Neue Kleinstmotoren.

Mitteilung der AEG.

Kleinstmotoren sind nach der Festlegung durch den VDE Elektromotoren mit einer abgegebenen Leistung bis zu 500 W. Für alle kleinen Hilfsantriebe, die früher von Hand und jetzt elektrisch angetrieben werden, kommt der Kleinstmotor in Frage; sein Anwendungsgebiet in Büro, Handel, Kleingewerbe, Hausindustrie, Landwirtschaft und Haushalt ist außerordentlich umfangreich. Das Anwendungsgebiet der Kleinstmotoren und die an sie zu stellenden Forderungen hat die AEG bei der Neukonstruktion dieser Motoren weitgehend berücksichtigt. Die bei der Herstellung der mittleren und großen Motoren gemachten Erfahrungen und Fortschritte sind auch bei den Kleinstmotoren angewendet worden.

Abb. 1. AEG-Kleinstmotor.

Die Zuführung von Kühlluft gestattet größere Materialausnutzung und bringt geringere Abmessungen und eine Verminderung des Gewichtes. Die Formgebung darf durch den Ventilator nicht leiden, trotz gut geschützter Anordnung. Bei den kleinsten Typen sind die Lagerschilde als Korblagerschilde ausgebildet, und ein Fächerventilator sitzt, jeder zufälligen Berührung entzogen, unter dem antriebseitigen Lagerschild. Bei den größeren Motoren ist ein Schutz gegen überfließende Flüssigkeit oder herauffallende Teile notwendig. Deshalb werden diese Motoren nahezu geschlossen ausgeführt und nur mit nach unten gerichteten Öffnungen versehen, durch die ein kräftiger Zentrifugal-Ventilator die Luft ansaugt und herausdrückt (Abb. 1).

Abb. 2. Dochtpolsterschmierung.

Bei der geringen Wartung der Kleinstmotoren spielt die zweckmäßige Lagerung der Welle eine besondere Rolle. Neben der hier an erster Stelle in Frage kommenden Kugellagerung wurde ein Gleitlager entwickelt, das nur geringer Wartung bedarf. Bei den kleineren Typen ist neben der Welle ein Dochtpolster angeordnet, das den Ölvorrat sehr langsam an das Lager abgibt. Bei den größeren Typen ist der Lagerkopf ähnlich dem Ringschmierlager ausgebildet, der Schmierring aber durch einen Dochtring ersetzt, der das Öl aus dem Ölsumpf auf die Welle befördert (Abb. 2).

Die Klemmbretter haben übersichtlich angeordnete Anschlüsse mit Druckklemmen und sind bei den Drehstrommotoren für Sterndreieck-Umschaltung und bei den Repulsionsmotoren für Reihen-Parallelschaltung der Wicklung ausgeführt. Entsprechend den Errichtungsvorschriften des VDE ist neben dem Klemmbrett ein Anschluß für den Schutzleiter vorgesehen und der Klemmbrettdeckel überdeckt das Anschlußkabel.

Der ganze mechanische Aufbau stellt eine vollständig geschützte Ausführung dar, bei der es möglich ist, Wasser über die Maschine zu gießen. Es ist also ohne weiteres möglich, diese ventiliert geschützte Maschine auch in den Fällen zu verwenden, in denen man bisher genötigt war, geschlossene Motoren zu verwenden, z. B. zum Antrieb von Waschmaschinen, Milchzentrifugen und dergleichen. Erwähnt sei, daß die Verwendung eines belüfteten Motors in feuchten Betrieben gegenüber dem geschlossenen Motor nicht nur den Vorteil der geringen Abmessungen, Gewicht und Preis hat. Die bei geschlossenen Motoren leicht auftretende Bildung von Kondenswasser, das zu Windungsschluß und Rostablagerung führen kann, wird durch die gute Belüftung verhindert.

Abb. 3. Klemmbrett.

Neben der Ausführung als normale Antriebsmotoren werden die Motoren dieser neuen Typenreihe auch als Vertikal- und Flanschmotoren, sowie mit und ohne Fuß hergestellt. Ebenso können sie ohne antriebseitigen Lagerschild zum direkten Zusammenbau mit der Gebrauchsmaschine geliefert werden und sind auch ohne Lagerschilde und Fuß zum Einbau in Teile der Arbeitsmaschine verwendbar, wobei allerdings der Hersteller der gesamten Maschine für gute Lagerung und Belüftung Sorge zu tragen hat.

Besondere Rücksicht ist auf den zweckmäßigen Zusammenbau mit den so verschiedenartigen Gebrauchsmaschinen genommen, wobei die langjährigen Erfahrungen in der Herstellung von Kleinstmotoren für den Zusammenbau mit Gebrauchsmaschinen verwertet werden.

Die Mannigfaltigkeit der Gebrauchsmaschinen und ihrer Antriebsbedingungen machen stets eine sachkundige Beratung bei der Auswahl des richtigen Antriebsmotors erforderlich. In enger Zusammenarbeit des Herstellers der Gebrauchsmaschinen mit dem Motorlieferanten sollte der jeweils zweckmäßigste und auch billigste elektrische Antrieb entwickelt werden. Bei der AEG stehen für diese Zwecke umfangreiche Versuchsfelder zur Bestimmung des Kraftbedarfes sowie zur Entwicklung und Erprobung von Spezialantrieben zur Verfügung.

Elektrokarren in Zuckerfabriken.

Mitteilung der AEG.

Die Rübenzucker herstellende Industrie ist, soweit es sich um reine Zuckerfabriken handelt, nur eine gewisse Zeit nach der Rübenernte beschäftigt; soweit jedoch Raffinerien angegliedert sind, erstreckt sich die Arbeitszeit über das ganze oder fast das ganze Jahr. In beiden Betriebszweigen sind während der Arbeitszeit sehr große Transportleistungen zu vollbringen, und zwar ist der Rohzucker von den Fabrikationsmaschinen zu den Lagerräumen bzw. zur Raffinerie zu befördern, bei den letztgenannten auch noch zu den Versandstellen.

Die verschiedenen Elektrokarren-Bauarten haben sich in diesem Betriebszweige bereits weitgehend eingeführt und gut bewährt. Erfolgt die Beförderung der Zuckersäcke auf Anhängern mit fester, aber sehr niedriger Plattform, die zumeist über eine schräge Rampe mit Sackkarren beladen werden, so findet als Zugmittel der in Abb. 1 gezeigte Elektroschlepper der AEG Verwendung. Da hier das Fahrzeug selbst nicht beladen wird, also unausgesetzt im Betrieb sein kann, so ist die Fahrleistung sehr groß.

Abb. 1. AEG-Elektrohubkarren EH 2004 für 2000 kg Tragkraft mit Spezialladebank für das Befördern von Zuckerpaketen in einer Zucker-Raffinerie.

Es können auch Elektrokarren mit fester Plattform für die verschiedensten Förderzwecke im Werke benutzt werden, wie z. B. Abb. 2 erkennen läßt. Der Elektrokarren für 1500 kg Tragfähigkeit trägt hier eine leicht aufsetzbare und abnehmbare Kippmulde, die für den Kohlentransport Verwendung findet. Macht die Fabrikation einen verstärkten Einsatz von Fördermitteln erforderlich, so kann dieses Fahrzeug auch für das Ziehen der mit Zuckersäcken beladenen Anhängewagen Verwendung finden. Falls erforderlich, kann der Elektrokarren selbst auch noch beladen werden, da die eingebauten Motoren eine Kraftreserve haben, die ohne weiteres das gleichzeitige Befördern von Lasten sowie das Ziehen von Anhängewagen gestattet. Es muß jedoch darauf geachtet werden, daß eine Batterie mit entsprechend großem Fassungsvermögen in den Elektrokarren eingebaut wird, damit in ein- oder zweischichtigem Betriebe ein Aufladen der Batterie oder ein Batteriewechsel nicht vorgenommen zu werden braucht.

Abb. 2. AEG-Elektrokarren EK 1502 D mit aufgesetzter Seitenkippmulde und mit Zuckersäcken beladenen Anhängewagen.

In den Raffinerien sind vielfach in großen Mengen fertig verpackte Zuckerpakete von den Fabrikationshallen zu den Lagerschuppen oder zum Waggon zu befördern. Diese Pakete werden in Ladegestellen (Abb. 3) gelagert, deren Abmessungen der Plattform des Elektrohubkarrens angepaßt und die für die Verschiebung an der Maschine bzw. im Lagerraum mit Laufrädern versehen sind; hier erfolgt also die Beförderung recht großer Mengen ohne jede Umladung durch einen Mann auf schnellstem Wege. Die Förderleistung eines Elektrohubkarrens mit einem Fahrer ist sehr groß und der Betrieb daher sehr wirtschaftlich. Die große Fahrgeschwindigkeit wirkt sich dann besonders günstig aus, wenn weite Fahrstrecken zurückzulegen sind.

Abb. 3. AEG-Elektroschlepper ES 8002 mit Anhängewagen in einer Zuckerfabrik.

Abb. 4 zeigt einen Elektrokarren für 2000 kg Tragkraft mit aufgebautem Handdrehkran für eine Tragfähigkeit von 500 kg in der Reparaturwerkstatt einer Zuckerfabrik. Die Eigenart des Betriebes bringt es mit sich, daß sehr viele Maschinen- und Apparateteile der Kontrolle oder Instandsetzung unterliegen, und daher ist auch für diese Zwecke das gezeigte Fahrzeug sehr am Platze. Das Hubwerk des Kranes, der selbst um 180° schwenkbar ist, wird durch eine Handkurbel betätigt. Vor der Benutzung muß durch Herunterdrehen von zwei seitlich angebrachten Hubspindeln die Federung der Plattform zur Erzielung einer guten Standsicherheit ausgeschaltet werden. Zum Durchfahren von Türen mit niedrigen Öffnungen kann der Auslegerarm des Kranes heruntergelassen werden. Im übrigen entspricht dieses Fahrzeug der Normalausführung. Es ist mit hochelastischen Vollgummireifen, sowie mit einer Beleuchtungs- und Signaleinrichtung versehen, um für den gelegentlichen Verkehr auf öffentlichen Fahrstraßen zugelassen werden zu können.

Abb. 4. AEG-Elektrokarren EK 2004 mit handbetätigtem Drehkran für 500 kg Tragkraft im Reparaturwerk einer Zuckerfabrik.

Vollautomatische ferngesteuerte Glasgleichrichteranlagen.

Mitteilung der AEG.

Unbesetzte Gleichrichterunterwerke baute man bisher als vollautomatische oder als ferngesteuerte Stationen.

Die vollautomatische Betriebsweise arbeitet durch ihre Bindung an die einmal eingestellten Zeiten einer Kontaktuhr sehr starr. Änderungen der Schaltzeiten bei außergewöhnlichen Anlässen sind nur möglich, wenn die Station aufgesucht wird.

Bei reiner Fernsteuerung hat man es zu jeder beliebigen Zeit in der Hand, die Station ein- oder auszuschalten. Schaltmaßnahmen im Störungsfalle (z. B. Ersatzinbetriebnahme beim Ausfall gestörter Einheiten) haben jedoch gegenüber der automatischen Betriebsweise den Nachteil der Abhängigkeit von der Steuerstelle und damit unter Umständen der Langsamkeit.

Die Vorteile der Automatisierung und Fernsteuerung bei Vermeidung ihrer Nachteile hat eine in letzter Zeit entwickelte neue Schaltung, bei welcher der Automatik eine Fernsteuerung überlagert wird. Eine derartige Anlage, die außerdem noch von Hand betätigt werden kann, wurde im Sommer 1930 von der AEG für die Städtischen Elektrizitätswerke Dresden, Unterstation Hosterwitz, erstellt. Die Station besteht aus zwei Glasgleichrichter - Einzelgestellen je 350 A, 580 V im Anschluß an je einen besonderen Transformator. Die Gleichrichter versorgen im Parallelbetrieb mit anderen Stationen eine Bahnstrekke mit Strom, können aber später auch allein arbeiten.

Gesamtansicht der Glasgleichrichter-Unterstation Hosterwitz.
Links Relaistafel, Mitte zwei Gleichrichtergestelle, rechts Bahnspeiserfeld.

Die vollautomatische Einschaltung der Gleichrichteranlage ist von dem „Ein"-Impuls einer Kontaktuhr abhängig. Schaltet sich der erste Gleichrichter automatisch ein, so liefert er über die Sammelschiene und einen automatischen Bahnspeiser Strom in die Strecke. Der Bahnspeiser ist immer eingeschaltet, wenn die Sammelschiene Spannung hat, und prüft selbsttätig die Kurzschlußfreiheit der Strecke. Bei einer Störung auf der Strecke fällt zunächst nur der automatische Bahnspeiser heraus, nicht etwa die ganze Gleichrichteranlage. Es werden dann automatisch in bestimmten Zeitabständen bis zu fünf Prüfungen vorgenommen. Nach der fünften erfolglosen Prüfung muß auf eine so schwere Störung auf der Strecke geschlossen werden, daß eine Inbetriebhaltung der Gleichrichter keinen Sinn hätte. In diesem Falle verriegelt sich die Wiedereinschaltung, und die Gleichrichter gehen außer Betrieb. Vollkommene Abschaltung und Verriegelung der Station erfolgt auch beim Ansprechen der Buchholzrelais, der Transformator-Temperaturrelais, Ausfall der Ventilatoren und Ansprechen der Zündüberwachungseinrichtung. In diesen Fällen muß die Station vor der nächsten Inbetriebsetzung aufgesucht und die Störung beseitigt werden. Fallklappenrelais zeigen an, welcher Betriebsvorfall das Ausschalten verursacht hat.

Erreicht der erste Gleichrichter eine bestimmte Grenzstromstärke, so erfolgt selbsttätig die Zuschaltung des zweiten. Die Zuschaltung erfolgt immer, bevor die Überstromschutzorgane des überlasteten Gleichrichtersatzes ansprechen können. Durch einen Wählerstecker kann jeder der beiden Gleichrichter wahlweise zum führenden gemacht werden.

Geht durch eine innere Betriebstörung ein Gleichrichter außer Betrieb, so schaltet sich der zweite unverzögert zu. Die betriebsmäßige Abschaltung des eingeschalteten Gleichrichtersatzes erfolgt in Abhängigkeit von der Lastabnahme. Je nach Wahl kann der führende Gleichrichter entweder ohne Rücksicht auf die Belastung im Betrieb bleiben, bis die Kontaktuhr den „Aus"-Impuls gibt, oder er kann durch ein Minimalstromrelais mit Verzögerung schon vorher ausgeschaltet werden.

Die Fernsteuerung der gesamten Anlage erfolgt über sechs Steuerdrähte von der 3500 m entfernt liegenden Station Tolkewitz. Hierdurch werden einfache Eingriffsmöglichkeiten geschaffen, welche die Nachteile einer rein automatischen Anlage beseitigen. In der Fernsteuerstelle sind zwei Druckknöpfe zum Ein- und Ausschalten angebracht, je zwei Signallampen zeigen die Ölschalterstellungen an, und drei Signalrelais sowie eine Hupe dienen zur Überwachung der Station. Zwei weitere Signallampen zeigen an, ob Hochspannung vorhanden ist oder nicht.

Nach erfolgter Ferneinschaltung durch Druckknopf wird die Gleichrichteranlage durch die örtliche Automatisierung in möglichst kurzer Zeit und unabhängig von weiteren Eingriffen selbsttätig in Betrieb genommen und auf das Gleichstromnetz geschaltet. Ist der führende Gleichrichter gestört, so folgt dem gleichen Schaltbefehl ohne weiteres Zutun der nächste Gleichrichter. Durch die Signallampen kann man jederzeit sehen, wieviel Gleichrichter im Betrieb sind. Nach einem erfolgten Fernsteuereingriff ist die gesamte, auf Ein- und Ausschaltung wirkende örtliche Automatik so lange verriegelt, bis der Gegenbefehl zu dem ersten Fernsteuereingriff gegeben worden ist.

Schwerwiegende Betriebsereignisse sowie alle nicht durch Fernsteuerung veranlaßte Ölschalter-Stellungs-Änderungen werden in der Fernsteuerstelle durch Signalrelais und Hupe gemeldet. Eine Signalisierung der Ölschalter erfolgt nur dann nicht, wenn die Stellungsänderung durch Fernsteuerung eingeleitet wurde.

Die Abbildung zeigt links das Relaisfeld, in der Mitte die beiden Gleichrichter, und rechts das Feld für den automatischen Bahnspeiser.

Die Leistungsfähigkeit einer derartig kombinierten Anlage ist sehr groß. Die Schaltungsmöglichkeiten sind so mannigfaltig, daß die Anpassung an verschiedenartigste Betriebsbedingungen ohne weiteres möglich ist.

Bedienungslose Wasserkraftanlagen.

Mitteilung der AEG.

Die AEG führte bisher bedienungslose Wasserkraftanlagen mit über 100 000 kW Leistung aus. Beim Bau solcher Anlagen ist für den elektrischen Teil neben den wirtschaftlichen eine Reihe technischer Fragen zu klären.

Die Frage nach Vollautomatisierung oder Fernsteuerung wird im allgemeinen dahin zu beantworten sein, daß die Vollautomatisierung für kleinere, im Alleinbetrieb laufende Werke das Gegebene ist, während bei Parallelbetrieb fast immer die Fernsteuerung technische Vorzüge hat, es sei denn, daß die Entfernung von einer in Betracht kommenden Steuerstelle unverhältnismäßig groß wäre. Der heutige Stand der Technik weist so viele Möglichkeiten auf, über wenige Drähte oder auch ohne jede metallische Verbindung beliebig viele Kommandozahlen und Meßwerte zu übertragen, daß insbesondere von der bei Fernsteuerung möglichen zweckmäßigen Wirk- und Blindlast-Verteilung Gebrauch gemacht werden sollte.

1 = Ölschalter mit Fernantrieb,
4 = Erregerschalter,
E = Erregermaschine,
Sch = Schütz mit Motorantrieb und Haltemagnet,
Tr = Transformator f. Stationsbedarf.

Abb. 1. Asynchrones Wasserkraftwerk mit eigenerregter Erregermaschine.

Bei bedienungslosen Wasserkraftanlagen ist neben Wirkungsgrad und Anschaffungskosten die elektrisch und hydraulisch einfachste Schaltung für die Entscheidung der Frage Synchron- oder Asynchrongenerator besonders wichtig, da die größte Betriebsicherheit naturgemäß mit der einfachsten Schaltung erreicht wird. Der Asynchrongenerator hat für kleinere im Parallelbetrieb laufende Werke unbestreitbare Vorteile, da seine Schaltung infolge des Fortfalls der Synchronisierung äußerst einfach wird. Anderseits bedingt die Asynchronmaschine in allen Fällen einen gewissen Einschaltstromstoß, der bei der Synchronmaschine vermieden werden kann. Der Blindstrombezug der Asynchronmaschine aus dem Netz kann durch den Einbau einer Drehstrom-Erregermaschine, z. B. gemäß der im Betriebe bewährten Schaltung (Abb. 1) ohne jede Nachreglung für alle zwischen 30 und 100 v H der Nennlast liegenden Leistungen voll kompensiert werden. Bei kleineren und mittleren Wasserkraftanlagen wird überall dort, wo Alleinbetrieb bzw. eigene Spannungserzeugung in Betracht kommt, die Synchronmaschine eingebaut, bei Parallelbetrieb ferner stets, wenn das zu errichtende Werk einen sehr großen Teil der Netzleistung zu liefern hat. Das Anwendungsgebiet der Asynchronmaschine ist damit auf kleinere Zubringerwerke beschränkt, die nicht im Alleinbetrieb zu fahren brauchen und deren bei den üblichen Verfahren auftretende Einschaltstromstöße in Kauf genommen werden können.

1 = Synchronisier-Ölschalter in der Steuerstelle,
2 = Synchronisier-Einrichtung,
3 = Druckknöpfe zur Fernsteuerung der Wasserkraftmaschinen,
4 = Synchronisierschienen in der Steuerstelle,
5 = Schutzölschalter im Wasserkraftwerk, in der Regel eingeschaltet,
St = Steuerstelle und Dampfkraftwerk, gleichzeitig Synchronisierstelle für die Wasserkraftmaschinen,
W = Ferngesteuerte Wasserkraftanlg.

Abb. 2. Ferngesteuertes Synchron-Wasserkraftwerk. (Synchronisier-Ölschalter in der Steuerstelle).

Für Zubringerwerke kleiner Leistung ist bezüglich der Schaltung der Asynchrongenerator die gegebene Maschinengattung, jedoch nur dann, wenn die Hochspannung-Übertragungsleitung nicht unmittelbar in die Steuerstelle geführt werden kann, so daß eine Handsynchronisierung in der Steuerstelle möglich ist (Abb. 2). Diese Schaltung ist unter Ausnutzung der großen maschinentechnischen Vorteile der Synchronmaschine derart einfach, daß von ihr in allen möglichen Fällen Gebrauch gemacht werden sollte.

Bei kleineren Synchronmaschinen besteht die Aufgabe darin, die Gesamtschaltung möglichst so zu gestalten, daß keine selbsttätige Einreglung des Synchronismus erforderlich wird. Das wird z. B. durch eine Starkstromschaltung gemäß Abb. 2 erreicht, bei der die Synchronisierung in der Steuerstelle von Hand vorgenommen wird. Eine andere Lösung ist die Ferneinsteuerung des Synchronismus, wobei der Synchronisier-Ölschalter jedoch nicht in der Steuerstelle, sondern gleichfalls im Wasserkraftwerk angeordnet werden kann. Als dritte Möglichkeit kommt schließlich für Synchronmaschinen, für welche die erforderliche Anlaß-Energie aus dem Netz immer zur Verfügung steht, das asynchrone motorische Anlassen in Betracht.

1 = Ölschalter mit Fernantrieb,
2 = Ölschalter mit Fernantrieb zur Kurzschließung von D,
4 = Erregerschalter,
D = Drosselspulen,
Sch = Schütz mit Motorantrieb und Haltemagnet,
Tr = Transformator für Stationsbedarf.

Abb. 3. Synchron-Wasserkraftwerk mit Grobsynchronisierung über Drosselspulen.

Kann die selbsttätige Synchronisierung nicht, wie oben beschrieben, umgangen werden, so sind gegenüber der in der handbedienten Anlage üblichen Fein-Synchronisierung grundlegende Vereinfachungen möglich, z. B. durch die Anwendung der Grobsynchronisierung mit oder ohne Drosselspulen.

Die Grobsynchronisierung ohne Drosselspulen arbeitet mit einer Einschaltung des Ölschalters bei etwa 95 v H der synchronen Drehzahl und kurzgeschlossener Feldwicklung. Da der Einschaltstromstoß bei diesem Verfahren durchschnittlich das 7 bis 8fache des Vollaststromes beträgt, ist diese Art bislang in Europa fast nirgends zur Anwendung gekommen.

Die Grobsynchronisierung mit Drosselspulen gemäß Abb. 3 bringt demgegenüber eine wesentliche Verfeinerung. Der Einschaltstromstoß kann auf etwa 40 v H des Vollaststromes gebracht werden. Die Einschaltung des Ölschalters erfolgt bei annähernd synchroner Drehzahl unabhängig von der Phasenlage bei etwa 10 bis 20 v H Erregung über die Drosseln. Die Erregung wird verstärkt, dann werden automatisch die Drosseln kurzgeschlossen, und die Lastabgabe kann beginnen.

Diese Grobsynchronisierung hat den Vorteil des schnellen Arbeitens, das ein glattes Parallelschalten sowohl bei unruhigem Netz als auch bei schwer regelbaren Turbinen gestattet.

Hotelmünzzähler und Münzzeitzähler.

Mitteilung der AEG.

Die großen Vorteile, die überall mit dem Münzzähler erzielt worden sind, haben Veranlassung gegeben, Sonderausführungen für die verschiedenen Anwendungsgebiete zu entwickeln. So war z. B. für das Hotelgewerbe der Münzzähler eine Notwendigkeit. Jeder modern eingestellte Hotelbetrieb hat die Elektrizität in weitestgehendem Maße zur Förderung der Bequemlichkeit und Behaglichkeit der Gäste dienstbar gemacht. Überall, sei es in Gasthäusern, Pensionen oder Erholungsheimen, sind Steckdosen angebracht zum Anschluß der zahlreichen elektrischen Reisegeräte, Heizkissen, Bügeleisen, Haartrockner, Brennscheren, Wärmeplatten, Tauchsieder usw. Dies hatte zur Folge, daß der Stromverbrauch eine starke Steigerung erfuhr. Das bedeutete wiederum, insbesondere bei dem einfachen kWh-Tarif, ein erhebliches Anwachsen der Stromrechnung, so daß man sich veranlaßt sah, den einzelnen Gästen den von ihnen verbrauchten Strom in Rechnung zu stellen. Das gerechteste und zweckmäßigste Mittel zur Einziehung dieses berechtigten Stromgeldes stellt der Münzzähler dar. Gegen Einwurf einer Geldmünze kann der Gast eine dem Geldwert entsprechende Strommenge entnehmen. Die AEG stellt für diesen Zweck den Hotelmünzzähler Form ShEf1 (Abb. 1) her. Sein wesentliches Merkmal gegenüber dem gewöhnlichen Münzzähler ist, daß der Kassiermechanismus unabhängig von dem etwa noch vorhandenen Münzen- oder Stromvorrat durch eine einfache Nullstellvorrichtung in die Ausschaltstellung gebracht werden kann. Der neue Gast kann also nicht auf Kosten des Vorbenutzers den vielleicht noch verfügbaren restlichen Strom entnehmen. Er muß erst eine Münze einwerfen, wenn er elektrische Geräte benutzen will. Die Nullstellvorrichtung besteht aus einem auf der Zählerkappe befindlichen Schloß, das mit einem Schlüssel betätigt wird, um das von dem abreisenden Gast noch vorhandene Guthaben zu löschen. Der Schlüssel wird nach einer Vierteldrehung nach unten gedrückt, so daß die Vorgabewelle in die Nullstellung gebracht wird und dabei den Schalter zur Auslösung bringt. Der Hotelmünzzähler ist nicht nur in Hotels, Pensionen usw. anwendbar; er leistet z. B. auch in gemeinsam benutzten Waschküchen dadurch gute Dienste, daß er eine ordnungsgemäße Aufteilung der Kosten für Licht- und Kraftverbrauch sowie Amortisation der Geräte ermöglicht.

Abb. 1. Hotelmünzzähler Form Sh Ef1.

Die Einführung von elektrischen Heißluftduschen, Massageapparaten u. dgl., die in hygienischer Hinsicht einen begrüßenswerten Fortschritt für die Allgemeinheit bedeuten, hat sich nicht ganz in der gewünschten Weise durchsetzen können. In vielen Fällen wird trotz der anerkannten großen Vorteile der Betrieb derartiger Apparate, die jedermann zugänglich sind, abgelehnt, da der Besitzer der Anlage bisher keine Handhabe hatte, ein Entgelt für Abnutzung und Stromentnahme zu erheben. Diesem Zweck dient der neu entwickelte Münzzeitzähler Form SZ (Abb. 2). Er wird in den Stromkreis des Gerätes eingeschaltet, das nach Einwurf einer Geldmünze eine bestimmte Zeit in Betrieb bleibt. Der Ablauf des beim Münzeinwurf vorgedrehten Guthabenelementes wird durch einen in den Kassierer eingebauten Ferrarismotor bewirkt, der gleichzeitig mit der Stromeinschaltung Spannung erhält (Abb. 3) und mit gleichbleibender Geschwindigkeit umläuft. Ist der dem eingeworfenen Münzwert entsprechende Strom entnommen, so wird der im Münzzähler befindliche Schalter durch die vom Ferrarismotor in die Nullstellung zurückgedrehte Vorgabewelle ausgeschaltet. Erst nach Einwurf einer neuen Münze kann der Apparat weiter benutzt werden. Soll der Münzzeitzähler mit einem Gerät anderer Leistung zusammengeschaltet oder die Betriebsdauer der einzelnen Apparate geändert werden, so brauchen nur zwei leicht zugängliche Übersetzungsräder im Kassierer ausgewechselt zu werden, um den Guthabenablauf den neuen Verhältnissen anzupassen. Das Anwendungsgebiet des Münzzeitzählers Form SZ ist außerordentlich vielseitig. Er findet besonders in Badeanstalten, Turnhallen, auf Sportplätzen usw. Verwendung für leihweise Abgabe von Geräten gegen Entgelt oder auch in Krankenhäusern und Erholungsheimen in Verbindung mit den verschiedenartigen Wärme-, Massage- und Hochfrequenzgeräten, die für die Kranken bereitgehalten werden. In gleicher Weise benutzt man den Münzzeitzähler in Tankstellen für den selbsttätigen Betrieb von elektrischen Luftpumpen für die Reifen von Motorfahrzeugen. Sein Anwendungsgebiet erstreckt sich außerdem auf die Reklamebeleuchtung, z. B. auf Lichtanlagen, die bei gleichbleibendem Verbrauch nach einer bestimmten Zeit selbsttätig abgeschaltet werden sollen.

Abb. 2. Münzzeitzähler Form SZ.

Abb. 3. Schaltung des Münzzeitzählers Form SZ.

Selbstlüftender Leichtgewichts-Bahnmotor USL 421 mit Getriebebremse.

Mitteilung der AEG.

Für die Anfang dieses Jahres eröffnete Untergrundbahnstrecke Alexanderplatz—Friedrichsfelde der Berliner Verkehrs-Aktien-Gesellschaft wurden von der AEG 120 Motoren USL 421 mit neuartiger Getriebebremse geliefert. Sämtliche Achsen im Zuge sind mit Motoren versehen, so daß jede Achse durch einen Motor angetrieben oder gebremst wird. Die Getriebebremse dient als zweite Bremse neben der vorhandenen Kurzschlußbremse.

Die Anordnung dieser Bremse am Motor ist aus Abb. 1 ersichtlich. Um den Bremsmechanismus besser zeigen zu können, ist im Bild die Bremstrommel abgenommen. Auf der Ankerwelle ist eine Stahlnabe aufgepreßt und befestigt. An dieser Nabe wird die aus Sonderstahl hergestellte Bremstrommel (Abb. 2) aufgesetzt und durch Kopfschrauben befestigt. Damit die Bremstrommel den außerordentlich scharfen Beanspruchungen standhält, ist sie aus Sonderstahl mit einer Festigkeit von etwa 70—80 kg/mm² angefertigt. Auch für die hohen durch die Bremskraft an der Bremstrommel auftretenden Temperaturen besitzt dieses Material eine gute Verschleißfestigkeit und Formsteifheit bei hoher Bremswirkung. Die Bremsbacken sind schwenkbar an einem Konsol des Lagerschildes befestigt und werden durch einen Knebel auseinander- und gegen die Bremstrommel gepreßt. Als Bremsbelag wird ein nicht metallischer Werkstoff verwandt, der nicht schmiert oder klebt und eine Gewähr für gleichmäßiges und sicheres Bremsen bietet.

Abb. 1. Getriebebremse des Motors USL 421 (Bremstrommel abgenommen).

Die Bremszugkraft wird durch die auf der linken Seite des Bildes gezeigten Federn ausgeübt. Auf der Achsseite ist ein Magnetsystem angebaut, dessen Lösemagnet der Federzugkraft entgegenwirkt. Die Bremse wird durch Lösemagneten gelöst und durch eine einfallende Klinke von dem daneben liegenden Sperrmagneten gesperrt.

Ein Nachstellen der Bremse von Hand wird bei fortschreitender Abnutzung des Bremsbelages dadurch überflüssig, daß die Bremse nicht direkt, sondern unter Zwischenschaltung eines Zahngesperres auf einen Zahnsegmenthebel greift, der die Bremsbacken betätigt. Mit fortschreitender Abnutzung des Belages schaltet sich das Gesperre selbsttätig frei und regelt den gleichbleibenden Bremsbackenweg.

Der selbstlüftende Gleichstrommotor USL 421 hat eine Stundenleistung von 70 kW bei 375 V (isoliert für 750 V), 206 A und 900 U/min. Das Gewicht des Motors beträgt 1160 kg ausschließlich Zahnrädern, Radkasten und Getriebebremse. Diese Teile wiegen einschließlich der Betätigungsmagnete zusammen 335 kg.

Zur Lüftung des Motors werden das Ankerinnere, die Ankeroberfläche sowie die Feld- und Hilfsfeldspulen durch einen parallelen Luftstrom gekühlt. Der aus Silumin hergestellte Lüfter ist am kollektorseitigen Lagerschild angebaut; dementsprechend befinden sich auch die Luftaustrittsöffnungen am kollektorseitigen Lagerschild. Der Lufteintritt liegt an geschützter Stelle auf der Triebseite des Motors und ist so angeordnet, daß Spritzwasser oder Fremdkörper nicht in den Motor gelangen können.

Abb. 2. Bremstrommel.

Die Ankerlager wurden entsprechend der für AEG-Bahnmotoren üblichen Ausführung mit Rollenlagern ausgerüstet. Den Anker mit dem auf der Kollektorseite angebauten Lüfter zeigt Abb. 3.

Zur Vereinfachung der Steuerung bleiben zwei Motoren dauernd in Reihe geschaltet. Es ergeben sich hierdurch aber auch günstige Verhältnisse für die Ankerwicklung und für den Kollektor, da die Motoren für 375 V (isoliert 750 V) ausgelegt werden können. Sowohl die Ankerstäbe als auch die Haupt- und Hilfsfeldspulen wurden mit Mikanitisolation versehen.

Die Zahnräder mit 80 bzw. 14 Zähnen bei 7,5 π-Profilteilung erhielten die bewährte AEG-Bauart. Die Achszahnräder wurden einteilig aus Sonderstahl, der im Gesenk geschmiedet ist, hergestellt; für die Ritzel wurde hochwertiger Chromnickelstahl benutzt. Beide wurden im Einsatz gehärtet. Der Schrägungswinkel der Zahnflanken beträgt 7° 27′. Die Verzahnung wurde unter Ausnutzung der Vorteile der AEG-Verzahnung ausgelegt und ein Eingriffswinkel von 17° verwendet.

Abb. 3. Anker zum Bahnmotor USL 421.

Gußeisengekapselte Schaltanlagen.

Mitteilung der AEG.

In neu zu erstellenden Niederspannungs-Schaltanlagen kommt fast nur noch gußeisengekapseltes oder stahlgepanzertes Material zur Verwendung. Gußgekapselte Schaltgeräte werden sowohl für Einzelmontagen als auch für den Zusammenbau zu Anlagen in neuzeitlichen Betrieben immer bevorzugt, da sie bedeutende Vorteile bieten. Es sei nur hingewiesen auf den geringen Platzbedarf, die Unterbringungsmöglichkeit an jeder beliebigen Stelle, auch in Werkstätten und dgl., die hohe mechanische Festigkeit sowie den Schutz gegen die zufällige Berührung irgendwelcher stromführender Teile und die Unempfindlichkeit gegen Staub, Feuchtigkeit usw.

Gußgekapselte Schaltgeräte werden heute von den kleinsten Stromstärken bis zu Einheiten mit Selbstschaltern für 3000 A gebaut, so daß nunmehr jede Verteilungsanlage in gekapselter Ausführung erstellt werden kann. In der Praxis finden diese Anlagen in allen Ausmaßen von der kleinsten Licht- oder Kraftverteilung bis zu den größten Anlagen Verwendung. Abb. 1 zeigt ein Feld einer 17feldrigen Verteilungsanlage, auf der die Zuleitungen für 700 Motoren der anschließenden Maschinenhalle allpolig abgesichert sind. Diese Anlage ist zur Erzielung größerer Übersichtlichkeit auf einer besonderen Schaltbühne untergebracht, die eine Länge von über 100 m hat. Infolge der kleinen Ausladung der Sammelschienen- und Verteilungskasten und des Wegfalls eines hinteren Bedienungsganges konnte man mit einer ganz geringen Breite der Bühne auskommen. Eine übersichtliche und gerade Leitungsführung wurde dadurch erzielt, daß die oberen Verteilungen etwas weiter zurückliegen als die unteren.

Abb. 1. Ein Feld einer 17feldrigen Verteilungsanlage.

Neben dieser Anlage sind in dem gleichen Betrieb insgesamt 160 weitere gußeiserne Verteilungen für Licht und Kraft installiert. Aus Abb. 2 ist zu ersehen, wie solche Verteilungen unter Verwendung von Winkelsammelschienenkasten an Pfeilern usw. unter weitestgehender Raumausnutzung untergebracht werden können.

Abb. 3 zeigt eine Verteilungsanlage für 9 Motoren. Für jeden Motor ist ein Motorschutzschalter vorgesehen. Die Verwendung dieser Schalter setzt sich ebenfalls immer mehr durch, nachdem sich die Erkenntnis Bahn gebrochen hat, daß ein Motor nur mit diesen Schaltern, nie aber mit Sicherungen wirkungsvoll geschützt werden kann. Die Motorschutzschalter der AEG haben neben anderen Vorzügen vor allem eine außergewöhnlich hohe Schaltleistung und Bimetallauslöser für den Überlastungsschutz. Diese Auslöser geben ein getreues Abbild der Erwärmungsverhältnisse im Motor, bieten daher nicht nur einen zuverlässigen Schutz der Motorwicklungen, sondern ermöglichen auch weitestgehende Ausnutzung der Motoren und somit eine wirtschaftliche Betriebsführung. Das gilt ebenso für die Motorschutzschalter Form MSB *) (Luftschalter), wie auch für die Motorschutz-Ölschalter Form MSBO **), die bei der in Abb. 3 gezeigten Anlage oberhalb bzw. unterhalb der Sammelschienenkasten angeordnet sind. Die Schalter Form MSBO sind für Fernbetätigung durch Druckknöpfe ausgelegt und zeichnen sich durch hohe Lebensdauer bei großer Schalthäufigkeit aus. Mit ihren kleinen Abmessungen (Höhe 26 cm, Breite 14 cm) eignen sie sich auch für den Anbau an Werkzeugmaschinen. Die Fernschaltung ermöglicht dabei nicht nur eine Verkürzung der Griffzeiten, sondern bietet auch erhöhten Schutz für den die Maschine Bedienenden.

Für Fernbetätigung können jedoch nicht nur die Motorschutzschalter, sondern auch die oben erwähnten gußgekapselten Selbstschalter hoher Stromstärken ausgelegt werden.

Abb. 2. Unterbringung einer Verteilung an einem Pfeiler.

Abb. 3. Verteilungsanlage mit Motorschutzschaltern Form MSB und fernbetätigten Motorschutz-Oelschaltern Form MSBO.

*) s. AEG-Druckschrift Sa/V 372.
**) s. AEG-Druckschrift Sa/V 388.

Kalium-Photozellen.

Mitteilung der AEG.

Die von der AEG hergestellten Kalium-Photozellen beruhen auf der äußeren lichtelektrischen Wirkung. Die Zellen bestehen aus einem Glaskörper, der bei Vakuumzellen luftleer gepumpt ist, in den bei gasgefüllten Zellen aber nach dem Entfernen der Luft eine geringe Menge Edelgas eingelassen ist. In seinem Innern sind zwei Elektroden angeordnet, die durch eingeschmolzene Drähte mit den beiden Anschlußklemmen der Zelle verbunden werden. Die eine der beiden Elektroden, die Kathode, ist als ein Silberspiegel auf der inneren Wandung niedergeschlagen. Auf ihr befindet sich die lichtempfindliche Kaliumschicht. Die zweite Elektrode, die Anode, ist zur Vermeidung großer Schattenwirkung als weitmaschiges Drahtnetz ausgeführt. — Aus der Kaliumschicht werden durch das auffallende Licht Elektronen ausgelöst, die sich vor der Kathode als eine Art Elektronenwolke anlagern und den Austritt weiterer Elektronen verhindern. Legt man aber an die Anode ein positives Potential — Saugspannung —, so wird den Elektronen durch das zwischen Kathode und Anode entstehende elektrische Feld eine Beschleunigung erteilt; sie können also die Anode erreichen. In der Photozelle ist hiermit das einfallende Licht in einen elektrischen Strom verwandelt worden, der leicht gemessen oder verstärkt werden kann. Der Photozellenstrom ist der zugeführten Lichtenergie direkt proportional.

a = Normales menschliches Auge,
b = Kaliumzelle der AEG.

Abb 1. Spektrale Empfindlichkeits-Verteilung.

a = Kaliumzelle in Vakuum-Ausführung.
b = Kaliumzelle in gasgefüllter Ausführung.

Abb. 2. Strom-Spannungs-Charakteristik von Photozellen bei gleichbleibender Belichtung.

Die Photozelle zeigt für Licht gleicher Stärke, aber verschiedener Farbe, nicht die gleiche Empfindlichkeit. Die Kalium-Photozelle hat ihre höchste Empfindlichkeit im blauen Spektralgebiet. Abb. 1 zeigt die spektrale Empfindlichkeitsverteilung für das menschliche Auge (Kurve a) und für die AEG-Kalium-Photozelle (Kurve b). Die letzte Kurve verläuft bedeutend günstiger als die bisher bekanntgewordenen Empfindlichkeitskurven von Kaliumzellen. Eine derartig verbesserte, leistungsfähige Type konnte nur nach eingehender Forschung entwickelt werden. Die Herstellungsverfahren sind den Forschungsergebnissen angepaßt.

1 = Vakuumzelle oberhalb der Sättigung.
2 = gasgefüllte Zelle bei einer beschleunigenden Spannung von 40 V.
3 = gasgefüllte Zelle bei einer beschleunigenden Spannung von 50 V.
4 = gasgefüllte Zelle bei einer beschleunigenden Spannung von 60 V.

Abb. 3. Abhängigkeit des Photostromes von der Beleuchtungstärke auf der Zellenschicht.

Die Vakuumzelle und die gasgefüllte Zelle unterscheiden sich in ihrer Charakteristik grundsätzlich voneinander. Bei gleichbleibender Belichtung der Vakuumzelle steigt der Strom mit der Saugspannung zunächst stark an, um sich von einer bestimmten Spannung, der sogenannten Sättigungsspannung, an nicht mehr zu ändern (Abb. 2, Kurve a). Arbeitet man oberhalb der Sättigungsspannung, so ist man von Schwankungen der Spannungsquelle unabhängig. Die Vakuumzellen können mit Spannungen bis zu 300 V betrieben werden.

Kurve b der Abb. 2 läßt die außerordentlich starke Abhängigkeit des Stromes einer gasgefüllten Zelle von der Saugspannung erkennen. Der Strom einer gasgefüllten Zelle kann den zehnfachen Wert des Stromes einer Vakuumzelle erreichen, gleiche Belichtung vorausgesetzt. Bei einer bestimmten Saugspannung wird die Gasstrecke zwischen den Elektroden (Glimmentladung) durchschlagen. Durch diese Entladung kann die lichtempfindliche Schicht ungünstig verändert werden, so daß die Stromausbeute sehr beeinträchtigt ist. Zum Schutze der Zelle ist daher in jeder Schaltung ein Schutzwiderstand erforderlich. Die Ausbeute der Zelle gibt man im Verhältnis zur Beleuchtungstärke, die in Lux gemessen wird, an oder, im Verhältnis zum Lichtstrom, gemessen in Lumen. Die Proportionalität zwischen Beleuchtungstärke und Photostrom ist bei den Vakuumzellen bis zu den höchsten Betriebspannungen vorhanden, bei gasgefüllten Zellen im Arbeitsbereich bis zu rd. 15 v H unterhalb der Glimmspannung (Abb. 3).

Abb. 4. AEG-Kalium-Photozelle Form Pz 21 KG.

Stehen nur geringe Belichtungstärken zum Betrieb einer Photozelle zur Verfügung, so wird man eine gasgefüllte Zelle bevorzugen, da sie größere Ströme liefert als die Vakuumzelle. Bei hohen Belichtungstärken benutzt man besser eine Vakuumzelle. Abb. 4 stellt eine AEG-Photozelle Pz 21 KG dar.

Dr.-Ing. mit langj. umfassenden Erfahrungen in Betrieb u. Verwaltung von Elektrizitätswerken sucht, gestützt auf erste Referenzen, in fester Anstellung oder als Sachverständiger geeign. Arbeitsfeld auf dem Gebiete der

Elektrizitätswirtschaft

Besondere Fachgebiete: Tarif-, Konzessions- u. Vertragswesen, Elektrifizierungsprojekte und Rentabilitätsberechnungen, Blindstromfragen, Stromabsatzwerbung, Spitzendeckung, Elektrowärmeverwertung, Beleuchtungs- u. Installationstechnik. Auslandspraxis. Französisch und englisch. wissenschaftlich und literarisch tätig, schrift- und redegewandt. Zuschriften erbeten unter **E. 2093** an die Anz.-Abt. der ETZ, Berlin W 9.

Junger, strebsamer

Elektro-Ing.

(Fachstud. Bingen a. Rh.), m. 5jähr. Praxis in Stark- u. Schwachstromanl., 2¼ jähr. Tätigkeit als Betriebs-Ing. u. Assistent, sucht p. bald od. später im Motorenbau od. dergl. in Berlin od. Umgebung bei mäßigen Ansprüchen Anfangsstellung. Wickelei u. Berechnung elektr. Maschinen bevorzugt. Gute Zeugnisse vorhanden. Gefl. Angebote unter **E. 2053** an die Anz.-Abtlg. der ETZ, Berlin W 9, erbeten.

Kein Überlandswerk mehr ohne Schwachstrom-Abteilung

dch. welche d. f. pünktl. u. reibungsl. Betrieb notwendg. Fernsprech- Fernmelde- Signalanl. usw. (auch b. Konsum.) bearb. u. überw. werden. Wirkungskr. i. deren Organisation u. Leitg. wird gesucht v. Spezialist m. b. Kenntn. u. vielseitg. Erf. Ang. erb. u. **E 2097** a. d. A.-A. d. ETZ, Bln. W9.

Ingenieur

fertigt saubere Konstruktions- und Werkstattzeichnungen mit Pausen an. Stellt auch Reproduktionen her. Ang. unt. **E. 2084** an die A.-A. d. ETZ, Bln. W 9.

Junger, strebsamer

Elektroingenieur

mit 6jähr. Werkpraxis (Starkstr.) u. Exam. „mit Auszeichnung" bestanden, sucht Anfangsstellung gleich welcher Art. Angeb. erbeten unt. **E. 2059** an die Anz.-Abt. d. ETZ, Berlin W 9.

Jung. Elektroingenieur

Fachstudium Köthen, prakt. erfahren, mit kaufm. Kenntn., auch Radio-Fachmann und arbeitsfr., sucht per bald od. spät. Stellung, evtl. als Assistent. Angeb. unter **E. 2065** an die Anz.-Abt. der ETZ, Berlin W 9.

Höchst-Spannungskabel, Isolierstoffe, Kunstharze-Chemikerin,

Dr.-phil., ehem. Universitäts-Demonstrator, 32 J. mit 7 j. selbständ. Praxis i. Forschungs-Laborat. u. Betrieb e. gr. Kabel-Fabrik, erstkl. Referenzen u. Zeugn., **sucht** passenden Wirkungskreis in Industrie od. wissensch. Institut, auch Ausland. Zuschr. erb. unter **E. 2087/.,Erfolgreich"** a. die Anz.-Abt. d. ETZ, Berlin W 9.

Installations-Material.

Ing. mit langjährigen Erfahrungen in Konstruktion und Fabrikation von Metallwaren, keramischen Teilen und Isolierpreßstoff sucht sich zu verändern Gute Kenntnisse im Patentwesen, in den V. D. E. und Auslandsvorschriften und der Kalkulation. Ang. u. **E. 2095** a. d. Anz.-Abt. der ETZ, Berlin W 9, erb.

Dipl.-Ing.

Elektr., 28 J., led., Dipl.-Ex. T. H. Darmst. „gut", Dipl.-Arb. „sehr gut", Praktikantentätigk.: 1½ J. i. allg. Maschb., Ueberlandw., Großkraftw., Hüttenw.; 3 J. Ing.-Prax. i. Elektr.-Versorg. d. Großstadt. Erf. i. Bau u. Unterhaltg. elektr. Netzanl., Stromtarifen, Elektr.- u. Wärmewirtschaft, sucht sof. Stellung, auch i. and. Geb. d. Elektrofachs. Beste Zeugn. u. Ref. Gefl. Ang. u. **E. 2085** a. d. Anz.-Abt. der ETZ, Berlin W 9, erbeten.

Fortsetzung auf Seite 26.

Fortsetzung auf Seite 28.

Supra-Mikanit.

Mitteilung der AEG.

Das von der AEG hergestellte Supra-Mikanit ist ein Glimmererzeugnis, das aus besten feinstgespaltenen Glimmerplättchen bei Verwendung von Geaphtal-Lack als Bindemittel (in Amerika Glyptal genannt) unter Druck und Hitze gepreßt wird. Das Verfahren ist durch Patente geschützt.

Abb. 1. Kollektorringe aus Supra-Form-Mikanit.

Geaphtal-Lack ist ein aus Glyzerin und Phtalsäure-anhydrid bestehendes Kunstharz. Gegenüber dem mit Schellack geklebten Mikanit hat das Supra-Mikanit wesentliche Vorteile. Während Schellack bei Erwärmung erweicht, wird Geaphtal-Lack dagegen immer

Abb. 2. Spulenkörper aus Supra-Form-Mikanit.

härter und widerstandsfähiger. Das Supra-Mikanit hat daher eine bedeutend höhere Wärmebeständigkeit.

Im Kollektorbau entsteht durch das Erweichen des Schellacks in der Hitze das sogenannte „Wachsen" der Mikanit-Isolation. Die Glimmerblättchen beginnen

Abb. 3. Formstücke aus Supra-Form-Mikanit.

zu gleiten, der Kollektor muß nachgezogen werden, auch die Kollektorringe geben nach und können wesentliche Störungen veranlassen. Die gute Klebefähigkeit und besonders die hohe Wärmebeständigkeit des Supra-Mikanits gewährleisten ein störungsfreies Arbeiten der Kollektoren ohne diese Mängel.

Mit Geaphtal-Lack geklebte Mikanitteile vertragen ohne Formveränderung oder Erweichen weit höhere Temperaturen als Schellack-Mikanit. Bei Verwendung von Supra-Mikanit ist daher eine bedeutend höhere thermische Belastung der Maschinen möglich.

Besonders groß sind die Vorteile des Supra-Heiz-Mikanits. Beim Verbrennen des Schellacks („Ausräuchern") können Kohlerückstände auftreten,

Abb. 4. Abdeckungskappe und Spulenkörper aus Supra-Form-Mikanit.

die als leitende Verbindungen wirken und zu Kurzschlüssen führen. Geaphtal-Lack verbrennt dagegen restlos zu gasförmigen Produkten.

Ferner greifen im Gegensatz zum Schellack die Zersetzungsprodukte des Geaphtal-Lackes Kupfer nicht an.

Abb. 5. Kollektorringe aus Supra-Form-Mikanit.

Nicht zu unterschätzen sind die volkswirtschaftlichen Vorteile des Supra-Mikanits. Während Schellack aus dem Auslande eingeführt wird, stammen die Rohstoffe des Geaphtal-Lackes ausschließlich aus dem Inlande.

Als ein synthetisches Erzeugnis hat das Kunstharz stets gleichbleibende Eigenschaften, wogegen die Qualität des Schellacks stark von Herkunft und klimatischen Verhältnissen abhängt.

Supra-Mikanit wird hergestellt als:

1. Kollektor-Supra-Mikanit in Platten für Kollektorsegmente;

Abb. 6. Wickelkopf-Abdeckungen aus Supra-Form-Mikanit.

2. Supra-Form-Mikanit, bei 80 bis 100° weich und formbar, zur Herstellung von Formteilen aller Art, besonders von Kollektorringen;
3. Supra-Heiz-Mikanit in Platten zur Isolierung elektrischer Heizkörper;
4. Flexibles Supra-Mikanit, stark biegsam in kaltem und warmem Zustande zur Herstellung von Formstücken.

Anwendung der Automatisierung in Wasserkraftanlagen.

Mitteilung der AEG.

Sehr oft, besonders in Übersee, wird die Aufgabe gestellt, mittlere Wasserkraftanlagen mit den einfachsten Mitteln zu automatisieren. In der Regel steht als Reserve für die Wasserkraftanlage noch eine Dieselanlage zur Verfügung, die gleichzeitig Übergabestelle der in der Wasserkraftanlage erzeugten Energie an das städtische Netz ist (Abb. 1). In diesem Falle wird gefordert, daß die Wasserkraftanlage auch allein als Stromerzeuger des ganzen Netzes arbeiten kann, so daß die Frage Asynchron- oder Synchrongenerator ohne weiteres zugunsten des letztgenannten entschieden wird. Es sind bereits mehrere selbsttätige Wasserkraftanlagen in Betrieb, deren Arbeitsweise folgende ist: Die

D = Diesel-Generatorenanlage, gleichzeitig Übergabestelle der in der Wasserkraftanlage W erzeugten elektrischen Energie an das städtische Netz,
S = Sammelschiene der Dieselanlage,
W = Wasserkraftanlage.

Abb. 1. Selbsttätige Wasserkraftanlage zur Speisung eines kleinen städtischen Netzes.

Wasserkraftanlage W liefert über eine Freileitung oder ein Hochspannungskabel ihre Energie in die als Fernsteuerstelle der Anlage W ausgerüstete Dieselanlage. Diese sehr einfache Leitungsführung bewirkt, daß die Parallelschaltung des in der weit entfernten Anlage laufenden Generators mit dem Netz innerhalb der Fernsteuerstelle erfolgen kann, und zwar in der gleichen Weise, als ob der Generator der Wasserkraftanlage in der Fernsteuerstelle laufen würde.

Ein in konstruktiver Hinsicht weitaus schwierigerer

Abb. 2. Zwei mit selbsttätiger Einrichtung ausgerüstete Maschinen von je 40 000 kVA des Kraftwerkes Herdecke des RWE.

Im Vordergrund die Steuersäule, in der sich die elektrischen Hubmagnete zur Steuerung der hydraulischen Steuerventile befinden.

Fall des selbsttätigen Betriebes tritt bei einer Pumpspeicher-Wasserkraftanlage auf, bei der es sich darum handelt, sämtliche Betriebsvorgänge, die sich anläßlich des Anlaufes der Maschinen vom Stillstand aus abspielen, zu automatisieren. Bei einem Speicherwerk liegt die Notwendigkeit, eine Maschine in kürzester Zeit in Betrieb zu setzen, in besonderem Maße vor. Abb. 2 zeigt zwei von der AEG zusammen mit der Firma J. M. Voith, Heidenheim a. d. Brenz, mit selbsttätiger Einrichtung ausgerüstete 40 000 kVA-Maschinensätze. Diese Einrichtung ermöglicht es, einen Maschinensatz in weniger als $2\frac{1}{2}$ min vom Stillstand aus hochzufahren und selbsttätig an das Netz zu legen. Um die Zeit, die für die Parallelschaltung des Synchrongenerators nach vollendetem selbsttätigen Anlauf des Maschinensatzes benötigt wird, möglichst kurz zu halten, erfolgt die Anschaltung der Maschine an das Netz nach dem Verfahren der Synchronisierung über eine Fangdrosselspule*). Dieser Synchronisiervorgang spielt sich in etwa 15 s ab, während für die Parallelschaltung derartiger Maschinen von Hand mehrere Minuten benötigt werden, besonders wenn die Frequenz des Netzes infolge von Netzstörungen sehr unruhig ist. Die selbsttätigen Schaltvorgänge werden durch motorische Steuerwalzen überwacht. Die Automatisierung ist soweit durchgeführt, daß für die Inbetriebsetzung eines Maschinensatzes einschließlich seiner Parallelschaltung mit dem Netz ein einziger Impuls als Anstoß für die Abwicklung sämtlicher Betriebsvorgänge ausreicht.

Eine vollständig durchgeführte „lokale" Automatisierung von Maschinensätzen ermöglicht es, später die Inbetriebsetzung der einzelnen Maschinen mit Hilfe eines einzigen Fernschaltbefehls von einer weit entfernten Stelle des Netzes, z. B. der Lastverteilerstelle aus,

Abb. 3. Fernsteuer-Schalttafeln, jede für die Fernbedienung eines 16 000 kVA-Maschinensatzes und der für die ganze Anlage gemeinsamen Nebenbetriebe.

vorzunehmen. Bei großen Netzen kann auch die Notwendigkeit auftreten, als Fortsetzung der Frequenzregelung anderer Maschinen die vollautomatische Maschine anzulassen, wenn das frequenzregelnde Organ die bereits in Betrieb befindlichen Maschinen bis zu ihrer vollen Leistung belastet hat. In diesem Fall wird das Kommando zum Anlaufen der selbsttätigen Maschine von dem Regulierimpuls des Frequenzregulierorganes selbst gegeben. Der Anlauf der selbsttätigen Maschine ist damit zu einem Regelvorgang im weiteren Sinne geworden.

Eine weniger vollkommene Automatisierung der Betriebsvorgänge wurde für eine Wasserkraftanlage mit zwei Generatoren mit je 16 000 kVA gewählt, bei der die gesamten Vorgänge, sie sich gelegentlich des Anlassens der Turbine abspielen, in einzelne Teilautomatisierungen unterteilt wurden, und bei der jede Teilautomatisierung durch einen Fernsteuerimpuls in Gang gesetzt wird (Abb. 3).

Die AEG hat bisher selbsttätige Wasserkraftanlagen für eine Gesamtleistung von etwa 125 000 kVA in Betrieb bzw. im Bau.

*) AEG Mitteilungen 1929, Heft 1, S. 21; Heft 2, S. 60.

Relais-Prüfeinrichtungen.

Mitteilung der AEG.

Relais sind als **Überwachungs- und Steuerorgane** in Hoch- und Niederspannungsanlagen allgemein verbreitet. Von ihrer Zuverlässigkeit hängt die Sicherheit der Energieversorgung und des Betriebes im hohen Maße ab. Um sie in der erforderlichen Betriebsbereitschaft zu erhalten, bedürfen die Relaiseinrichtungen einer ständigen Überwachung. Diese besteht in der Hauptsache in einer sich regelmäßig wiederholenden Prüfung. Für diese betriebsmäßige Überwachung und allgemein zur Untersuchung von Relais sind von der **AEG Prüfgeräte** entwickelt worden, die auf einfache Weise die Durchführung vielseitiger Messungen gestatten. In Anpassung an ihren Verwendungszweck werden diese Geräte für ortsfeste Aufstellung oder fahr- bzw. tragbar ausgeführt.

Abb. 1. Prüfeinrichtung für Strom- und Spannungsrelais.

Zur Prüfung von Strom- und Spannungsrelais, wie z. B. Überstromrelais, Unterspannungsrelais, Zwischenrelais, Überstromzeitrelais u. dgl. dient ein **Einfeldgerät** (Abb. 1). Es besteht aus einem tischähnlichen Untergestell, in dem ein Leistungstransformator untergebracht ist, und aus einer senkrecht zur Tischplatte stehenden Schalttafel. Diese enthält die Betätigungsschalter, Anschlußklemmen, einen Spannungsteiler mit zugehörigem umschaltbaren Spannungsmesser und eine Steckdose zum Anschluß einer Prüflampe. Die Schaltung ist so getroffen, daß Strom- und Spannungspfade sowie der Betätigungskreis für einen elektrischen Zeitmesser über einen gemeinsamen Schalter führen. Der Spannungsteiler kann wahlweise an eine Gleich- oder Wechselstromquelle gelegt werden.

Der Stromkreis ist derart umschaltbar ausgebildet, daß kleine Ströme über den Regelwiderstand dem Netz unmittelbar entnommen, hohe Ströme dagegen durch Zwischenschaltung eines Leistungstransformators gewonnen werden, dessen Primärwicklung für den direkten Anschluß an 110 und 220 V geeignet ist. Der Regelwiderstand für den Stromkreis ist auf der Vorderseite des Transformatorenschrankes befestigt und durch eine Doppelschnur mit den entsprechenden Klemmen der Schalttafel verbunden; weitere Widerstände lassen sich leicht einfügen.

Die Klemmen für den Strom- und Spannungspfad sind doppelpaarig angeordnet; die Einrichtung ist daher auch für die Prüfung von Meßgeräten nach dem Vergleichverfahren mit einem Normalinstrument geeignet.

Zur Prüfung wattmetrischer und nach dem Widerstandsprinzip arbeitender Relais wird das **Einfeldgerät um ein zweites, gleich großes Feld erweitert**. Dieses enthält im Untergestell einen Phasentransformator und auf der Schalttafel neben Spannungsteiler, Betätigungschaltern und Klemmen eine in elektrischen Graden geeichte Anzeigevorrichtung, die mit dem Phasentransformator mechanisch verbunden ist. Unter Zuhilfenahme eines Leistungsmessers gestattet diese Anordnung eine direkte Ablesung des Phasenwinkels.

Für einfache Betriebs- und Einbauprüfungen sind **Koffergeräte** (Abb. 2) bestimmt. Sie enthalten Stufenwiderstände für den Strompfad, einen Spannungsteiler für feinstufige Reglung der Spannung, ferner Schalter, Klemmen, kleine Meßinstrumente, einen umschaltbaren Meßstromwandler sowie einen elektrischen Zeitmesser.

Außer den beschriebenen normalen Geräten werden Sonderausführungen für folgende Zwecke hergestellt:

- Prüftische für dreiphasige Spannungsrelais,
- Prüfeinrichtungen für dreiphasige Stromrelais,
- Prüfgeräte für Messungen an Distanzrelais mit anzapfbaren Impedanzen für verschiedene Phasenwinkel.

Sollen Relais, die betriebsmäßig an die Sekundärseite von Stromwandlern angeschlossen sind, primärseitig geprüft und somit die Wandler und Anschlußleitungen in die Prüfung einbezogen werden, so wird zwischen Prüfgerät und Wandler ein mehrfach umschaltbarer Hochstromtransformator mit Meßwandler eingeschaltet. Derartige Einrichtungen gestatten auch die Messung der Stromübersetzungsfehler von Wandlern und die Aufnahme der Überstromkennlinien.

Abb. 2. Kofferprüfgerät für Strom- und Spannungsrelais.

Als Regelgeräte werden Schiebewiderstände mit einfacher und im Querschnitt gestufter Wicklung oder Regeltransformatoren verwendet. Bei nur gelegentlicher Benutzung der Prüfeinrichtungen sind die billigeren Widerstände am Platze. Dagegen wird man Prüfgeräte mit langer Benutzungszeit, bei denen der elektrische Wirkungsgrad gegenüber den Anschaffungskosten in den Vordergrund tritt, mit den wirtschaftlicher arbeitenden Regeltransformatoren ausrüsten.

Stations-Schalter.

Mitteilung der AEG.

In Niederspannungsanlagen aller Art besteht seit langem das Bestreben, den Überstromschutz von Apparaten und Leitungen an Stelle von Schmelzsicherungen Selbstschaltern zu übertragen. So lange diese Selbstschalter nur magnetische, unverzögert wirkende Überstromauslöser besitzen, sind sie vor allem geeignet, den bisher durch Sicherungen ausgeübten Grobschutz zu übernehmen. Vorbedingung für diese Aufgabe ist, daß die Selbstschalter eine gute Schaltleistung aufweisen, was nach dem heutigen Stande der Technik durch geeignete Kontaktanordnung, Funkenkammern, Blasspulen usw. mit wirtschaftlichen Mitteln ohne weiteres erreicht werden kann.

Eine besondere und erhöhte Bedeutung haben die Selbstschalter erlangt, seitdem sie bis zu hohen Nennstromstärken außer mit unverzögert wirkenden magnetischen Auslösern mit trägen Wärmeauslösern ausgerüstet werden können. Die AEG verwendet mit Erfolg seit längerer Zeit Bimetallstreifen als Wärmeelemente, die für Nennstromstärken von 10 bis 200 A unmittelbar im Stromkreis liegen und daher einen sicheren Wärmeschutz von Apparaten auch dann gewähren, wenn die Stromstärke starken betriebsmäßigen Schwankungen unterworfen ist. Bei Einbau derartiger Selbstschalter entfällt nicht nur die Notwendigkeit, die Sicherung nach dem Ansprechen auszuwechseln und gegebenenfalls längere Betriebsunterbrechungen in Kauf zu nehmen. Der Bimetall-Auslöser hat vor allem infolge seiner größeren Trägheit für viele Fälle eine geeignetere Überstrom-Zeitcharakteristik, die auch mit weit größerer Genauigkeit eingehalten werden kann, als dies bei Sicherungen möglich ist. Die große Trägheit der Bimetall-Auslöser gewährleistet die selektive Abschaltung auch von Kurzschlüssen bei in Reihe geschalteten Automaten, deren Auslöser auf Nennstromstärken verhältnismäßig kleiner Differenz eingestellt sind.

F = Fehlerstrom-Auslöser zum Anschluß des Nulleiters und von Eisenteilen der Station,
W = Wärmeauslöser (Bimetall) für den Nulleiter.

Abb. 1. AEG-Stations-Schalter Form Stbkne.

Die genannten Vorteile der Selbstschalter haben viele Überlandwerke veranlaßt, auch in den Transformatorstationen ihrer Ortsnetze an Stelle der Sicherungen sogenannte Stations-Schalter einzubauen.

In Netzen, in denen die Nullung angewandt wird, erhält der Stations-Schalter neben den Auslösern in den Phasen, die den Schutz des Transformators übernehmen, zweckmäßig einen Wärmeauslöser für den Nullleiter. Durch diesen wird die Abschaltung von Kurzschlüssen zwischen Außenleiter und Nulleiter auch bei großem Widerstand der Leiterschleife sichergestellt. Um das Stehenbleiben zu hoher Berührungsspannung am Nulleiter zu verhindern, fordert § 3 d/7 der VES 1/1930: „Der Widerstand des Netzes muß so bemessen sein, daß bei einem Kurzschluß zwischen Außenleiter und Nulleiter auch am Ende einer Strecke mindestens die 2,5fache Nennstromstärke der nächsten vorgeschalteten Sicherung zustande kommt". Verwendet man nur Sicherungen in den Phasen, so müssen zur Erfüllung der Vorschriften in Abhängigkeit von der Nennstromstärke der Sicherung zur Überbrückung größerer Strecken oft größere Querschnitte für Außen- und Nulleiter verlegt werden, als es die Belastung erfordert. Durch den Einbau eines Stations-Schalters mit Nulleiterauslöser, der entsprechend der niedrigeren Belastung des Nulleiters tiefer eingestellt werden kann, werden Kurzschlüsse zwischen Außen- und Nulleiter auch am Ende langer Strecken innerhalb weniger Sekunden abgeschaltet, ohne daß eine Verstärkung der Querschnitte erforderlich wäre. Um auch bei einem Kurzschlußstrom etwa gleich dem 2,5fachen des eingestellten Auslösernennstromes eine Verzögerung von nur wenigen Sekunden zu erhalten, ist der Nulleiterauslöser des AEG-Stations-Schalters im Gegensatz zu den Phasenauslösern mit geringer Trägheit ausgelegt.

Auch in Netzen, in denen die Nullung nicht angewendet wird, bietet die Überwachung des Nulleiterstromes Vorteile. Auch hier wird verhindert, daß Kurzschlüsse am Ende von Netzausläufern bestehen bleiben, so den Transformator einseitig überlasten und durch Verwerfung des Spannungsdreiecks Glühlampen zum Durchbrennen kommen.

Die AEG-Stations-Schalter Form St werden in vier Grundformen hergestellt. Die einfachste Ausführung Form Stn hat als Auslöseorgan nur den Nulleiterauslöser. Seine Verwendung setzt demnach voraus, daß Sicherungen als Überstromschutz in den Phasen bestehen bleiben. Die Form Stbn hat neben dem Nullleiterauslöser Wärmeauslöser, die Form Stbkn Wärme- und Kurzschlußauslöser in den Phasen. Die Form Stbkne (Abb. 1 und 2) hat außer den genannten Auslösern die Fehlerstromspule nach Heinisch-Riedl zum Anschluß des Nulleiters und gegebenenfalls der Eisenteile der Station.

BE = Betriebserde (am ersten Mast),
E = Eisenteile der Station, die schutzgeschaltet sind und nicht geerdet werden dürfen,
F = Fehlerstrom-Auslöser (Heinisch-Riedl-Schutz),
H = Hilfsklemme zum Anschluß von *HE*,
HE = Hilfserde für *F*,
H_1 = Hilfskontakt (Doppelkontakt) zum Anlegen des Nulleiters und der Eisenteile an die Fehlerstromspule,
H_2 = Hilfskontakt zur Auslösung des Hochspannungs-Ölschalters,
K = Hilfsklemme zum Anschluß von *E*,
P = Prüftaste für *F*,
R_P = Widerstände der Prüfeinrichtung für *F*,
R_W = Widerstand zur Einstellung des Auslösestromes von W_N,
S = Schnellauslöser (Kurzschlußschutz),
W_N = Wärmeauslöser im Nulleiter,
W_{Ph} = Wärmeauslöser in den drei Phasen.

Abb. 2. Schaltbild eines Stations-Schalters Form Stbkne.

Triebwagen-Ausrüstung der Untergrundbahn Friedrichsfelde—Alexanderplatz.

Mitteilung der AEG.

Zum Steuern der je vier Motoren eines Wagens der Untergrundbahn Friedrichsfelde — Alexanderplatz der Berliner Verkehrs A.-G. dient eine Schützensteuerung, die sich beim Anfahren, von einem strombeeinflußten Fortschaltrelais geregelt, selbsttätig derart fortschaltet, daß die Stromaufnahme des Motors beim Anfahren um einen mittleren Wert pendelt, wodurch eine gleichbleibende mittlere Anfahrbeschleunigung eingehalten wird. Werden außergewöhnlich hohe Zugkräfte verlangt, wie beispielsweise beim Abschleppen eines schadhaften Zuges, Anfahren auf Steigungen usw., so kann die Fortschaltung unter Umgehung des Fortschaltrelais durch einen besonderen am Führerschalter befindlichen Fortschalthebel auch von Hand erfolgen.

Abb. 1. Motor USL 421 mit Getriebebremse.

Abb. 2. Fahrschalter.

Die gewöhnliche Betriebsabbremsung des Zuges geschieht durch Kurzschlußbremsung der als Generatoren geschalteten Motoren und zwar in sieben Stufen, die nur von Hand, nicht selbsttätig, fortschaltbar sind. Der Führer hat es daher vollständig in der Hand, die Bremsung so zu regeln, daß der Zug an jeder Stelle zum Stillstand gelangt.

Sollte die Kurzschlußbremse aus irgendwelchen Gründen, beispielsweise durch Schäden der Leitungen usw., versagen, so kann der Zug durch die auf alle Achsen des Zuges einwirkende Getriebebremse zum Stillstand gebracht werden. Die Getriebebremse, so genannt, weil sie die Achse über das Zahnrädergetriebe bremst, besteht aus einer auf der Ankerwelle sitzenden Bremstrommel, gegen deren Inneres mit nichtmetallischen Belägen versehene Bremsklötze drücken. Der erforderliche Anpressungsdruck wird von Federn ausgeübt; er ist so bemessen, daß eine Bremsverzögerung von 0,8 m/s^2 erreicht wird. Das Lösen dieser Bremse bewirkt ein Lösesolenoid; ist der Lösehub beendigt, so verriegelt eine Sperrung, die unter dem Einfluß eines Sperrmagneten steht, die Lösestellung, wobei gleichzeitig das Lösesolenoid ausgeschaltet wird. Die Bremse bleibt dann gelöst, solange der Sperrmagnet Strom erhält. Die Unterbrechung dieses Sperrstromkreises, und das damit verbundene Einfallen der Getriebebremse an allen Achsen des Zuges, geschieht durch Loslassen der Schaltkurbel des Führerschalters, die mit einer sogenannten Totmannseinrichtung versehen ist. Sie erfolgt ferner beim Ziehen eines Notbremsgriffes durch den Fahrgast, sowie bei Zugtrennungen, bei denen beide Zughälften abgebremst werden. Damit beim Durchfahren von Weichen und Kreuzungen, bei denen die stromführende dritte Schiene auf kurzer Länge unterbrochen ist, die Getriebebremse nicht anspricht, ebenso auch beim Ausbleiben der Netzspannung nur nach dem Willen des Führers zum Ansprechen gebracht werden kann, ist der Sperrmagnet mit einer zweiten Wicklung versehen, die sich bei aussetzender Netzspannung selbsttätig an eine 12 V-Batterie legt. Die Herstellung der Bremsschaltung bei der Zusammensetzung der Züge erfolgt vollständig selbsttätig, so daß vom Rangierpersonal keinerlei besonderen Handgriffe vorzunehmen sind, deren Nichtausführung den Betrieb stören könnten.

Die Vorteile der beschriebenen Bremsausrüstung gegenüber der Druckluftbremse bestehen darin, daß die betriebsmäßig benutzte Kurzschlußbremse erheblich kürzere Bremswege ermöglicht und daß sie keinerlei Bremsstaub erzeugt. Welche Bedeutung gerade der Vermeidung des Bremsstaubes zukommt, geht daraus hervor, daß die 30 Triebwagen der Strecke Friedrichsfelde—Alexanderplatz jährlich 50000 kg Bremsklotzgewicht in Eisenstaub verwandeln würden, wenn die Bremsung in der bei der Druckluftbremse üblichen Weise erfolgen würde.

Für den Betrieb bedeutet der Fortfall des metallischen Bremsstaubes verringerte tägliche Wartung und Verminderung der Betriebskosten durch die längeren Laufwege der Wagen zwischen den Überholungspausen.

Abb. 3. Getriebebremse, Bremstrommel abgenommen.

AEG-Stahlmotoren.

Mitteilung der AEG.

Das Gewicht einer 5 PS-Maschine betrug im Jahre 1899 etwa 155 kg, der neuzeitliche Stahlmotor wiegt bei gleicher Leistung nur noch wenig mehr als 40 kg. Der Stahlmotor ist das Ergebnis jahrelanger Forschungsarbeit. Die Berücksichtigung des neuesten Standes wissenschaftlicher Erkenntnis und geschickte konstruktive Auslegung haben es ermöglicht, das aktive Material, d. h. Blechpaket, Isolation und Wicklungen, weitgehend auszunutzen, ohne die in den VDE-Vorschriften festgelegten Grenzen für die Erwärmung zu überschreiten. Außerdem konnte durch Verwendung eines sehr wirksamen Ventilators und unter Verzicht auf alle Gußteile das Maschinengewicht auf ein Mindestmaß beschränkt werden. Für den mechanischen Aufbau der Motoren wird nämlich nur noch Schmiedeeisen und Stahl verwandt und zwar derart, daß die einzelnen Konstruktionselemente, wie Motorgehäuse, Lagerschilde usw., aus Einzelteilen zusammengeschweißt werden. Abb. 2 zeigt den Aufbau des Motorständers. Das aus den einzelnen Dynamoblechen bestehende Blechpaket wird von einer Anzahl Klammern zusammengehalten, die auf beiden Seiten mit je einem Zentrierring zusammengeschweißt sind. Unmittelbar an diese Zentrierringe werden die Lagerschilde angeschraubt. Die Lagerschilde (Abb. 3) werden aus starkem Stahlblech gedrückt und sind mit dem eigentlichen Lagerkopf, der das Kugellager aufnimmt, und einem besonderen Luftführungstrichter verschweißt.

Der ebenfalls aus starkem Stahlblech bestehende Motorfuß wird bei den kleineren Typen an die beiden unteren Spangen des Motorenständers angeschweißt, bei den größeren angeschraubt. Wie Abb. 4 zeigt wird über den ganzen Motor noch ein starker Stahlblechmantel gezogen. Mantel und Lagerschilde sind so ausgeführt, daß die neuen Stahlmotoren **tropfwassergeschützt** sind. Die kleineren Motoren erhalten gewöhnlich Kurzschlußanker, die größeren Doppelnutanker, die bei Sterndreieckschaltung keine größeren Anlaufströme als Schleifringankermotoren haben und daher überall Verwendung finden können, wo Drehzahlregelung nicht verlangt wird.

Die größeren Stahlmotoren können jedoch auch mit Regulier- oder Anlaßläufer geliefert werden. Die Stahlmotoren werden in den Leistungen von 0,4 kW bis 22 kW bei 1500 U/min und den entsprechenden Leistungen bei 3000, 1000 und 750 U/min hergestellt.

Die Motoren entsprechen den vom VDE herausgegebenen Richtlinien für elektrische Maschinen (REM 1930). Ihre elektrischen Werte, wie Leistung, Leistungsfaktor, Wirkungsgrad und Anzugsmoment, bewegen sich im Rahmen der durch die DIN-VDE-Blätter 2650 und 2651 gegebenen Richtlinien.

Typ	KD 50	D 50	VDN 40	AVDN 22	DA 30
Baujahr	1899	1901	1924	1926	1930
Leistung	5 PS	5 PS	5,5 PS	4,5 PS	5 PS
Gewicht	155 kg	108 kg	83 kg	62 kg	42 kg

Abb. 1. Entwicklung der AEG-Drehstrom-Kleinmotoren.

Abb. 2. AEG-Stahlmotor-Ständer.

Abb. 4. AEG-Stahlmotor, betriebsfertig.

a = Lagerschild von vorn gesehen,
b = Lagerkopf,
c = Schnitt durch Lagerschild mit eingesetztem Lagerkopf und Luftführungsblech.

Abb. 3. Lagerschild.

Elektrischer Turbogebläseantrieb mit selbsttätiger Steuerung.

Mitteilung der AEG.

Die Leistungssteigerung industrieller Anlagen hat das Anwendungsgebiet von Kreiselverdichtern in der letzten Zeit stark erweitert. Verwendet werden Kreiselgebläse und -kompressoren hauptsächlich für die Verdichtung von Luft und Gasen in Bergwerken, Schmieden, Hochöfen und Stahlwerken, chemischen Fabriken usw. oder in Verbindung mit Dieselmaschinen als Spülluft- und Aufladegebläse. Bei elektrischem Antrieb kann bei Gebläsen die Drehzahl meist so gewählt werden, daß unmittelbar gekuppelte rasch laufende Motoren verwendet werden können. Dagegen werden Kompressoren in den meisten Fällen über ein ins Schnelle übersetzendes Zahnradvorgelege mit dem Antriebsmotor gekuppelt. Bei der Planung der elektromotorischen Antriebe sind vor allem zwei Umstände zu beachten: erstens die Auswahl der zu verwendenden Motorart (synchron oder asynchron) und zweitens die geforderten Anlaufbedingungen, die ihrerseits wiederum die Wahl des Motortyps beeinflussen; Synchronmotoren scheiden für derartige Antriebe in den meisten Fällen aus, da sie bei 3000 U/min und größeren Leistungen nur als Turbotyp gebaut werden können und daher im allgemeinen teurer sein dürften als Asynchronmaschinen. Bei Kompressoren, die im allgemeinen mit sehr hohen Drehzahlen laufen und bei denen auf alle Fälle ein Zahnradvorgelege nötig ist, kann unter bestimmten Voraussetzungen ein Synchronmotor günstiger werden als ein Asynchronmotor. Asynchronmaschinen werden je nach den vorliegenden Verhältnissen mit Kurzschluß-, Doppelnut- oder Schleifringanker ausgeführt.

Mitunter wird bei derartigen Antrieben Ein- und Ausschaltung von einer mehr oder weniger weit entfernten Stelle aus durch Druckknopfbetätigung gewünscht. Auch ein vollständig selbsttätiger Anlauf in Abhängigkeit von irgend einem bestimmten Betriebsvorgang kann erforderlich werden. In beiden Fällen (im zweiten übernimmt ein Relais die Arbeit des handbetätigten Druckknopfschalters) muß der gesamte Anlaufvorgang selbsttätig vor sich gehen. Neben der Betätigung von Antriebsmotor und Zubehör kann auch noch auf der Saugseite des Kompressors die Betätigung einer Regel- und Drosselklappe oder auf der Druckseite die eines Ventiles — bei Gebläsen — für den Anlauf erforderlich werden, so daß auch diese Vorgänge mit dem Ein- und Ausschalten des Motors verbunden werden müssen. Bei Antrieb durch Asynchronmotoren handelt es sich um Betätigung eines Anlassers oder eines Umschalters für den Anlaßtransformator oder eines Sterndreieckschalters, sofern nicht eine unmittelbare Einschaltung vorgesehen ist. Entsprechende Verriegelungen mit dem Motorölschalter müssen berücksichtigt werden, damit dieser nur eingelegt werden kann, wenn sich die Anlaßgeräte in geeigneter Schaltstellung befinden. Die für derartige Motoren normal verwendeten Schutzeinrichtungen, wie Überstrom- und Nullspannungsschutz, werden auch bei Fernsteuerung bzw. Automatisierung vorzusehen sein und lassen sich leicht derart in die Schaltvorgänge einfügen, daß ein selbsttätiger Wiederanlauf nach Aufhören der Störung erfolgt. Eine derartige Automatik kann weiterhin durch eine selbsttätige vollkommen automatisch wirkende Druckregeleinrichtung, deren Ausführung der AEG durch DRP geschützt ist, ergänzt werden.

A = Strommesser,
M = Motor,
V = Spannungsmesser,
1 = Trennschalter,
2 = Ölschalter,
3 = Anlaßschalter,
4 = Anlaßtransformator,
5 = Spannungswandler,
6 = Unterspannungsrelais,
7 = Zeitrelais für 6 (bis 12 s),
8 = Stromwandler,
9 = Abhängiges Überstromrelais,
10 = Zeitrelais (bis 20 s),
11 = Einschaltdruckknopf,
12 = Ausschaltdruckknopf,
13 = Zwischenschütz für 3,
14 = Einschaltmagnet für 3,
15 = Auslösemagnet für 3,
16 = Sperrmagnet für 2,
17 = Auslösemagnet für 2,
18 = Zwischenschütz für 2,
19 = Einschaltmagnet für 2,
20 = Zeitrelais für 3 (bis 80 s),
21 = Signallampe für Anlassen und Lauf,
22 = Signallampe für Stillstand und Lauf,
23 = Sicherungen.

Schaltfolgendiagramm für selbsttätige Steuerung eines Turbogebläseantriebes.

Das Schaltbild zeigt eine von der AEG für Chile gelieferte Ausrüstung zum Antrieb eines unmittelbar gekuppelten Spülluftgebläses durch einen Motor von 750 PS und 3560 U/min. Der Motor hat Doppelnutläufer und wird über einen Anlaßtransformator mit wählbaren Anzapfungen von 50, 60 und 70 vH der vollen Netzspannung und einen Ölanlaßumschalter an das Netz gelegt. Der Ölanlaßumschalter ähnelt in seinem Aufbau einem normalen Ölschalter und bewirkt das Umschalten des Motors von der Teilspannung auf volle Netzspannung. Die Schaltung der Automatik ist aus dem Schaltfolgendiagramm ersichtlich. Durch Drücken des „Ein“-Druckknopfes wird der Motor angelassen und erreicht nach etwa 80 s seine Nenndrehzahl. Durch sinnreiche Verrieglungen ist bewirkt, daß vor dem Einlegen des Hauptölschalters die jeweilige Stellung des Anlaßumschalters geprüft wird und er, wenn erforderlich, in die richtige Stellung gebracht wird. Um während des Anlaufes ein Ansprechen der Überstromrelais durch die großen Ströme zu vermeiden, werden diese selbsttätig für eine gewisse Dauer geshuntet, damit einerseits keine Auslösung erfolgt, anderseits aber noch immer ein Überstromschutz vorhanden ist, sofern der Motor gerade während des Anlaufvorganges einen Schaden erleidet. Die Zeitrelais, welche die Umschaltung des Anlaßschalters von seiner Anlauf- in seine Laufstellung bewirken, sind einstellbar, so daß dieser Zeitzwischenraum je nach den Betriebsverhältnissen gewählt werden kann. Für die Betätigung der Hilfsgeräte steht Gleichstrom von 110 V zur Verfügung. Um ein sofortiges Stillsetzen des Aggregates bei Ausfallen der Gleichstromhilfsspannung zu bewirken, wurde der Hauptölschalter-Auslösemagnet in Ruhestromschaltung vorgesehen. Die beabsichtigte Ausschaltung des Motors erfolgt durch Niederdrücken des „Aus“-Druckknopfes, wodurch der Ölschalter abgeschaltet wird. Diese Ölschalterausschaltung kann jedoch auch auf rein mechanischem Wege erfolgen. Die Schaltung, die für zwei derartige Antriebe Verwendung gefunden hat, hat sich gut bewährt und niemals zu irgendwelchen Schwierigkeiten Anlaß gegeben.

Schutztransformatoren.

Mitteilung der AEG.

Bei zahlreichen Stromabnehmern, und zwar nicht etwa nur bei Laien, ist noch immer die Ansicht vertreten, daß die in Lichtverteilungsanlagen vorhandenen Spannungen von 110 und 220 V vollkommen ungefährlich seien. In der Praxis zeigt sich jedoch, daß in Anlagen mit diesen „ungefährlichen" Spannungen Unfälle zu verzeichnen sind, die sogar zu tödlichem Ausgang führen können.

Fast immer liegen allerdings in solchen Fällen besondere Umstände vor, die den Übergangswiderstand zwischen dem unter Spannung gesetzten Körper und der Erde stark herabsetzen. Die Möglichkeit eines geringen Übergangswiderstandes kann einmal gegeben werden durch starke Feuchtigkeit, dann auch durch großflächige Berührung von Metallkörpern und dgl. In Räumen oder Betrieben mit diesen Gefahrenquellen sollten daher auch besondere Schutzmaßnahmen zur Anwendung gelangen, die in den VDE-Vorschriften (VES) in drei Gruppen enthalten sind:

„feuchte, durchtränkte und ähnliche Räume" (§ 2m),
„Kessel und ähnlich enge Räume mit gut leitenden Bauteilen" (§ 18h)
sowie auszuleuchtende Fässer (§ 18i).

Abb. 1. Lichtkasten.

Als stark gefährdete Betriebe gelten z. B.: Brauereien, Molkereien, Färbereien, Kellereien, chemische Fabriken, landwirtschaftliche Betriebe (insbesondere Stallungen), Bergwerke, Kesselhäuser, Garagen, Revisionsgruben, aber auch allgemeine Reparaturwerkstätten, Maschinenfabriken usw. In diesen Betrieben bilden die Handlampen, die ja im allgemeinen einer starken Beanspruchung und somit einer leichten Beschädigung der Isolatoren ausgesetzt sind, eine außerordentliche Gefahrenquelle. Bei ihrer Verwendung in den genannten Räumen sollten daher stets zum Schutz gegen gefährliche Berührungsspannungen Transformatoren vorgeschaltet werden, welche die vorhandene Netzspannung auf eine für das Betriebspersonal ungefährliche Spannung herabmindern.

Abb. 3. Tragbarer Schutztransformator zur Speisung der Handlampe bei einer Kesselrevision.

Als nicht mehr gefährliche Gebrauchspannung sieht man im allgemeinen Spannungen von 42 bzw. 24 V an. Die letztgenannte Spannung wird auch für Tiere, die gegen elektrischen Strom besonders empfindlich sind, als ungefährlich angesehen. Die Spannung von 24 V kommt daher in erster Linie für Stallungen, die Spannung von 42 V für die anderen Betriebe in Frage.

Alle Schutztransformatoren müssen, um ihren Zweck zu erfüllen, einen Übertritt der Netzspannung auf die Kleinspannungsseite sicher verhindern und werden daher immer mit getrennten Wicklungen ausgeführt. Im übrigen werden Schutztransformatoren in den verschiedensten Ausführungen und Größen (von 15 bis 1300 VA) hergestellt. Zunächst sind bei den Transformatoren für ortsfesten Betrieb zwei Ausführungen zu unterscheiden: die abgedeckte für Installationen in trockenen Innenräumen und die eisengekapselte für Installationen im Freien, in feuchten und feuergefährdeten Räumen. Für einwandfreie Erdung erhalten die Transformatoren eine kräftige Anschlußschraube.

Abb. 2. Steckerkupplungsdose.

Abb. 1 zeigt eine Sonderausführung für ortsfeste Montage, mit einem Lichtkasten für eine Leistung von 50 VA. Dieser Kasten enthält außer dem Transformator einen Schalter und zwei Sicherungen. Die Ableitung für die Handlampe ist jedoch nicht mehr fest installiert, sondern wird über einen Stecker angeschlossen, der, um Verwechslungen auszuschließen, so ausgebildet wurde, daß er in eine an die Netzspannung angeschlossene Steckdose nicht eingeführt werden kann.

Abb. 2 stellt eine Kupplungsdose mit eingebautem Transformator dar. Eine andere Ausführung als tragbarer Schutztransformator (Abb. 3) ermöglicht den gleichzeitigen Anschluß von zwei oder vier Handlampen. Diese regensicher ausgebildete Bauart kann primärseitig mit einer 2 m langen Gummischlauchleitung, deren Anschlußstellen von Zug entlastet sind, an jede normale Lichtsteckdose angeschlossen werden. Die seitlich angeordneten Steckdosen für die Kleinspannung sind ebenso wie bei den vorgenannten Ausführungen mit federnden Klappdeckeln ausgerüstet, die bei abgezogenem Handlampenstecker selbsttätig dicht abschließen und bei eingeführtem Stecker diesen vor dem Herausfallen schützen.

Zum Schluß sei noch darauf hingewiesen, daß eine 24 V-Lampe eine bedeutend bessere Lichtausbeute gibt und infolge des stärkeren Glühfadens eine größere Lebensdauer hat, aber auch gegen Stoß weniger empfindlich ist als die normale Glühlampe. Diese Vorteile wirken sich gerade bei Handlampen vorteilhaft aus.

Umspannwerk Norden der Städtischen Elektrizitäts-Werke Frankfurt a. M.

Mitteilung der AEG.

Das Umspannwerk Norden der Städtischen Elektrizitätswerke Frankfurt a. M. wurde im Jahre 1930 errichtet und im Dezember des gleichen Jahres in Betrieb genommen. Die Lieferung und Aufstellung der Schaltanlagen und Transformatoren erfolgte durch die AEG. Mit Rücksicht auf den durch den hohen Geländepreis bedingten Raummangel wurden die beiden Hochspannung - Schaltanlagen übereinandergestellt. Die 35 kV-Anlage liegt mit 8 Schaltzellen über der 5,2 kV-Anlage, die 20 ausgebaute und 6 Reservezellen aufweist.

Abb. 1. Druckgasschalter Reihe 10.

Die Schaltanlagen sind mit Druckgasschaltern (Abb. 1) ausgerüstet. Da hierbei Explosions- und Feuergefahren nicht bestehen, konnte der Einbau kostspieliger Deckendurchführungen unterbleiben und auf besondere abgeschlossene feuersichere Kammern und Zellen verzichtet werden. Die Druckgasschalter stehen frei in den Schalträumen auf kleinen Sockeln und sind durch Durowände voneinander getrennt.

Die 5,2 kV-Schaltanlage, deren Isolation für Reihe 10 ausgelegt ist, wird durch Betätigung der Druckgasschalter und der Trennschalter von dem im Erdgeschoß befindlichen Hauptbedienungsgang aus geschaltet. Die Instrumente, Trennschalter-Hilfskontakte, Relais und Hilfsklemmen wurden in schrankartigen Kammern, von der Hochspannungsanlage durch eine Durowand getrennt, leicht zugänglich angeordnet. Die Strommesser und Einstellungskalen für das Maximalrelais sind durch Ausschnitte auch von außen in der Wand leicht ablesbar.

Die Druckgasschalter wurden in einzelnen Zellen aufgestellt. Vor diesen Zellen läuft die Druckluft-Ringleitung für 15 atü, sodaß, ungehindert durch Hochspannung, gefahrlos an ihr gearbeitet werden kann. Die Ventile sind derart angeordnet, daß jeder Druckgasschalter außer Betrieb gesetzt werden kann, ohne daß hierdurch die Druckluftzufuhr für die übrigen Schalter abgesperrt wird. Die Druckluft wird in zwei Windkesseln mit einem Fassungsvermögen von je 4 m³ aufgespeichert. Als Kompressoren wurden zwei Schnelläufer gewählt, von denen jeder mit einem Kurzschlußanker-Motor von 8 kW Leistung ausgerüstet wurde. In der Regel braucht nur ein Kompressor in 24 Stunden 40 bis 50 min zu laufen, um Schaltluft und Verlustluft zu decken, während der zweite Kompressor in Reserve bleibt.

Durch Einführung eines Zwischengeschosses mit TZ-Rosten sind die Sammelschienen, Sammelschienentrenner und Abgasrohre der 5,2 kV-Schaltanlage leicht zugänglich gemacht. Zwischen den Sammelschienen wurden besondere Zugänge für die Auspuffrohre der Druckgasschalter vorgesehen.

Das erste und zweite Obergeschoß des Gebäudes nimmt die 35 kV-Schaltanlage (Abb. 2) ein. Die Isolation wurde hier für die Reihe 45 ausgelegt. In gleicher Weise wie auch in der 5,2 kV-Anlage sind die Fünfschenkelwandler- und kurzschlußfesten Schleifenwandler ohne Verwendung von Oel- oder Füllmasse eingebaut worden. Die Druckgasschalter für 35 kV haben eine Abschaltleistung von mindestens 500 000 kVA. Die an der Decke entlanglaufenden Auspuffrohre münden über Schalldämpfer ins Freie. Für den späteren Einbau von Reaktanzen ist Raum freigelassen.

Die Fernsteuerung, Messung und Signalisierung der 35 kV-Druckgasschalteranlage sind in der Warte zusammengefaßt; ein auf der Schalttafel angeordnetes Blindschaltbild erleichtert die Übersicht. Von hier aus werden auch die Haupttransformatoren geregelt und die 35 kV-Schalter sowie die Spannungsreglung der Transformatoren in dem Umspannwerk Eschenheim ferngesteuert. Außerdem befinden sich in der Warte noch einige Zähler und Registrier-Instrumente, die Erdschlußrelais für das 35 kV-Netz, Signale für Buchholzschutz-Warnung und Temperaturmeldung, sowie die wichtigsten Geräte für die Ladung der Eigenbedarfbatterie.

Abb. 2.
Schnitt durch das Umspannwerk Norden.

Die Eigenbedarfbatterie hat 162 Ah bei 120 V und steht im Erdgeschoß neben dem Kompressorraum. Ferner sind noch zwei Eigenbedarf-Transformatoren von je 75 kVA, 5000/220—127 V vorhanden.

Die Verwendung von Druckgasschaltern hat nicht nur eine erhebliche Verbesserung der Betriebsicherheit bewirkt, sondern auch zu einer Verbilligung der gesamten Anlage durch geringere Gebäudekosten beigetragen.

Neue Schaltanlagen der Zeche de Wendel bei Hamm.

Mitteilung der AEG.

Die Zeche de Wendel bei Hamm i. W. sah sich durch die fortschreitende Mechanisierung der Grubenbetriebe und durch den damit auftretenden höheren Energiebedarf gezwungen, die elektrischen Erzeuger- und Verteilungsanlagen bedeutend um- und auszubauen. Das im Jahre 1902 mit einer installierten Leistung von 2800 kW bei 3000 V Betriebspannung errichtete Kraftwerk wurde unter Einschluß der Kesselanlagen und der Kohlenmisch und Transportanlagen bis zum Jahre 1930 auf 22900 kW erweitert, worin die notwendige Reserve enthalten ist. Neben diesen Anlagen waren im elektrischen Teil Um- und Neubauten der Schaltanlagen und Übertragungsleitungen notwendig, die, soweit sie bereits vorhanden waren, den höheren Anforderungen angepaßt werden mußten. Für neue Strom-Erzeuger und Verbraucher wurde aus Gründen der Rentabilität und größeren Betriebsicherheit die genormte Betriebspannung 6000 V Drehstrom eingeführt. An Stromerzeugern für 3000 V sind 10400 kW bei $\cos \varphi = 0{,}8$, für 6000 V 12500 kW bei $\cos \varphi = 0{,}8$ vorhanden. Der notwendige Energieaustausch zwischen 3000 und 6000 V erfolgt durch zwei Kupplungs-Drehstromtransformatoren je 4000 kVA für Ölselbstkühlung. Die Stromerzeuger sind mit neuzeitlichen AEG-Differentialund Erdschlußschutzeinrichtungen, Kurzschlußbegrenzern und untereinander parallel arbeitenden Spannungsreglern, System Tirrill, ausgerüstet. Sämtliche Ölschalter werden von einer gemeinsamen Kraftwerkschaltwarte aus fernbetätigt mit Ausnahme weniger oft zu schaltender Ölschalter der 6000 V-Schaltanlage, die von einer Betätigungschaltanlage im Ölschalterbedienungsgang dieser Anlage ferngeschaltet werden. Die 3000 V-Schaltanlage ist infolge Platzmangels dreistöckig zur Ausführung gekommen. Im Obergeschoß befinden sich das Doppelsammelschienen-Gerüst, im Erdgeschoß die nach außen führenden Ölschalterkammern mit darunter angeordneten Meßwandler- und Kabeltrennschalterkammern.

Abb. 1 gewährt einen Durchblick durch den Ölschalter-Bedienungsgang der 6000 V-Schaltanlage. Diese Anlage ist zweistöckig ausgeführt. Das Obergeschoß nimmt das Doppelsammelschienen-Gerüst und das Erdgeschoß die nach außen führenden Ölschalterkammern mit davor angeordneten, aber nach dem Ölschalter-Bedienungsgang liegenden Kabel-Trennschalterkammern auf, die aus Abb. 1 ersichtlich sind. Beide Schaltanlagen sind Kraftwerkschaltanlagen, die sich auf dem Gelände der Schachtanlage I/II befinden.

Abb. 1.
6000 V-Ölschalter-Bedienungsgang mit Betätigungschaltanlagen.

Weitere Schaltanlagen in prinzipieller Anordnung der 6000 V-Schaltanlage auf Schacht I/II befinden sich auf den Schachtanlagen III/IV und unweit des Schachtes I/II für die Gasfernversorgung der Ruhrgas A.-G., Essen. Die Schaltanlagen für Schacht III/IV und für die Ruhrgas A.-G. sind jedoch nur mit Einfachsammelschienen ausgerüstet.

Die Übertragung der elektrischen Energie von der Schachtanlage I/II zu der Schachtanlage III/IV erfolgt mit Drehstrom 6000 V unter Verwendung von AEG-Pfannkuchkabeln $2 \times 3 \times 120$ mm² und $1 \times 3 \times 150$ mm² mit der für Fehlermeldung und Abschaltung notwendigen Überwachungsapparatur*). Maßgebend für die Wahl des Kabelschutzsystems „Pfannkuch" war die damit erreichte dauernde Überwachung des Isolationszustandes der Kabel und die selektive Arbeitsweise der Apparatur, die im vorliegenden Fall um so notwendiger war, als die lebenswichtigen Kabel durch ein den Bergschäden und Senkungen stark ausgesetztes Gelände verlegt werden mußten.

Abb. 2.
Mit Fernschaltern ausgerüstetes 380 V-Schaltfeld mit anschließendem Reaktanz-Drosselspulenfeld.

Erwähnt sei ferner, daß die Hilfsbetriebe der neuen Kesselanlage mit 5 Kesseln von je 500 m² Heizfläche bei 25 atü durchweg für Fernschaltung eingerichtet worden sind. Die zentral angeordnete Schaltanlage hierfür, die durch zwei Transformatoren von je 800 kVA, 6000/400 V versorgt wird, befindet sich in einem staub- und schmutzfreien, abgeschlossenen Raum; sie ist dem weniger geschulten Kesselhausbedienungspersonal unzugänglich und kann somit durch Fernbetätigung gefahrlos bedient werden. Angewendet werden AEG-Fernschalter des Typs MSBF mit thermischem Überlastungschutz und direkter Kurzschlußauslösung. Zur Vermeidung großer Kurzschlußstromstärken und zur unbedingten Sicherstellung des Kesselhausbetriebes bei Kurzschluß im Niederspannungsnetz wurde die Niedervoltschaltanlage 380 V in einzelne Gruppen unter Vorschaltung von Reaktanzdrosselspulen entsprechender Durchgangsleistung bei 5 vH Reaktanzspannung der Phasenspannung von 380 V unterteilt. Abb. 2 zeigt ein Niederspannung-Schaltfeld mit eingebauten MSBF-Fernschaltern mit anschließendem Reaktanzdrosselspulenfeld.

Bei der Errichtung der Hoch- und Niederspannung-Schaltanlage wurde größter Wert auf unbedingte Betriebsicherheit gelegt. So wurden sämtliche Hochspannung-Schaltanlagen nach gleichen Gesichtspunkten derart zur Ausführung gebracht, daß ölführende Teile in einzelnen, voneinander getrennt angeordneten, nach außen führenden Kammern untergebracht wurden, damit etwaige Störungen örtlich begrenzt bleiben. Die Bedienung sämtlicher Trennschalter, ob Sammelschienen- oder Kabel-Trennschalter, erfolgt stets vom Ölschalter-Bedienungsgang aus. Die Anordnung ist so getroffen, daß ihre Schaltstellung vom Standort der Bedienung erkennbar ist, damit Fehlschaltungen möglich ausgeschlossen sind.

*) AEG-Mitteilungen 1929, Heft 6, S. 424.

Langzeitrelais für Gleich- oder Wechselstrom.

Mitteilung der AEG.

Unter Langzeitrelais werden Relais verstanden, deren Auslösezeiten etwa von 0,5 min bis 30 min und mehr einstellbar sind. Sie werden vornehmlich in automatischen Stationen verwendet, und zwar nicht nur in reinen Kraftwerkanlagen, sondern auch in anderen elektrisch ausgerüsteten Anlagen, wie z. B. in Schleusenbetrieben, in Hütten- und Bergwerksanlagen, in Förderbetrieben, in chemischen Fabriken u. a. An die Betriebsicherheit der Relais werden, wie an alle Apparate für automatische Anlagen, hohe Anforderungen gestellt. Sehr häufig kommt es vor, daß von dem richtigen Arbeiten eines Relais der Betrieb einer ganzen Station abhängt, so daß durch das Versagen eines Relais Werte großen Ausmaßes vernichtet werden können.

Abb. 1.
Langzeitrelais für Wechselstrom (Innenansicht).

Das Anwendungsgebiet der Langzeitrelais erfordert in den meisten Fällen nicht die Zeitgenauigkeit, wie sie für Feinzeitrelais bei Überstromschutzanlagen, von denen häufig mehrere Relais hintereinander gestaffelt sind, verlangt wird. Bei dem neuerdings von der AEG entwickelten Langzeitrelais kann dennoch eine Genauigkeit von ± 1 bis 2 vH des maximalen Einstellwertes, d. h. ein Streuband von etwa 10 s bei einem 6 min-Relais gewährleistet werden. Hinsichtlich der proportionalen Genauigkeit unterscheidet es sich demnach von dem Feinzeitrelais nur wenig, ebenso wie es diesem in der Betriebsicherheit nicht nachsteht.

Abb. 1 zeigt die Innenansicht des AEG-Langzeitrelais für Wechselstrom. Der Ablauf des Relais wird durch einen kleinen Asynchronmotor erreicht, dessen Ständerwicklung von der Betätigungsspannung gespeist wird. Die Abbildung läßt den Motor in der Mitte unten erkennen, der zu laufen beginnt, sobald das Relais an Spannung gelegt wird. Gleichzeitig wird der auf der rechten Seite unten sichtbare Klappanker, dessen Drehpunkt mit dem Ständer des Asynchronmotors verbunden ist, angezogen. Er kuppelt dabei über einen Hebel den Motor, der bei Wechselstrom von 50 Per/s eine Geschwindigkeit von etwa 800 U/min erreicht, mit dem Übersetzungsgetriebe. Der Motor ist so ausgelegt, daß er sehr schnell auf diese Drehzahl kommt, die er auch während des gesamten Ablaufvorganges einhält, da die Belastung des Motors keinen Schwankungen unterworfen ist; außerdem ist er in seiner Drehzahl weitgehend unabhängig von Spannungschwankungen, erst bei ± 20 vH macht sich eine Änderung der Drehzahl bemerkbar. Nach Ablauf der eingestellten Zeit wird über einen Anschlagstift eine Klinke freigegeben, die normal den Auslösekontakt sperrt. Die Betätigung des Kontaktes erfolgt darauf durch eine beim Anziehen des Klappankers gespannte Feder. Fällt nach Auslösung die Betätigungspannung fort, so geht auch der Auslösekontakt wieder in seine ursprüngliche Lage zurück. Das Relais ist also vollautomatisch. Es hat keinen Nachlauf, d. h. nach dem Wegbleiben der Betätigungspannung geht das Ablaufglied sofort wieder in die Anfangslage. Mit dem Getriebe ist ein Schleppzeiger gekuppelt, der anzeigt, wie weit das Relais bereits abgelaufen war, als der Betätigungstromkreis wieder unterbrochen wurde. Nach vollständig erfolgtem Ablauf bleibt der Schleppzeiger in der Endstellung stehen. Ohne Schwierigkeit läßt sich zur Ablaufkontrolle statt des Schleppzeigers ein Laufzeiger anbringen, der den jeweiligen Stand des Ablaufs erkennen läßt. Nach Ablauf bzw. Wegbleiben der Betätigungspannung geht der Laufzeiger in die Anfangstellung zurück. Die Zeiteinstellung wird mit Hilfe eines Zeigers vorgenommen, der über der runden Skala angebracht ist. Im Ruhezustand stehen Laufzeiger und Einstellzeiger übereinander. Der Unterschied der von beiden Zeigern angezeigten Zeiten gibt an, wie weit das Relais bereits abgelaufen ist.

Die Stromaufnahme des Relais beträgt etwa 35 VA. Das Relais wird mit einem Ruhe- oder einem Arbeitskontakt geliefert. Es ist möglich, einen zweiten Kontakt anzubringen. Für die Klemmen und für das Kontaktisoliermaterial wird ausschließlich Steatit verwendet, so daß das Relais auch zur Verwendung in Tropengegenden geeignet ist.

Abb. 2 zeigt die Außenansicht. Die Glasscheibe in der Abdeckkappe ist größer gehalten, als es die Skala erfordert, damit auch eine Beobachtung der Kontakte und der anderen beweglichen Teile von außen möglich ist. Das Relais ist staub- und spritzwasserdicht gekapselt. Die Erdungschraube des Gehäuses befindet sich auf der rechten Seite. Der Anschluß erfolgt vorder- oder rückseitig. Die Schalttafelbohrungen werden durch den Klemmdeckel abgedeckt. Der rückseitige Anschluß kann auch mit Durchführungsbolzen vorgenommen werden. Die Ausführung entspricht in jeder Beziehung den neuesten VDE-Vorschriften.

Das Lang-zeit-Relais für Gleichstrom besteht bis auf den Motor aus den gleichen Konstruktionselementen. An Stelle des Asynchronmotors wird hier ein kleiner Gleichstrommotor mit dreiteiligem Anker verwendet. Dieser Motor läuft mit annähernd der gleichen Drehzahl wie der Asynchronmotor. Auch er ist unabhängig von Spannungschwankungen von ± 20 vH der Nennspannung. Der Verbrauch beträgt 15 W.

Abb. 2.
Langzeitrelais für Gleichstrom (Außenansicht).

Die Langzeitrelais für Gleich- oder Wechselstrom werden hergestellt für Zeiteinstellungen von

1,5 bis 30 s,
3,0 „ 60 s,
0,3 „ 6 min,
1,5 „ 30 „
3,0 „ 60 „

und zum Anschluß an 110, 220 oder 380 V Wechselspannung bzw. an 110 oder 220 V Gleichspannung. Im Schaltkreis sind Spannungen bis 750 V zulässig. Die Schaltleistung der Kontakte beträgt bei 220 V etwa 1000 VA für Wechselstrom bzw. etwa 500 W für Gleichstrom.

Elektrokarren in Straßenbahnbetrieben.

Mitteilung der AEG.

Erfahrungsgemäß ist der elektrische Antrieb für ein Fahrzeug besonders dann empfehlenswert, wenn viel angefahren und gehalten werden muß, oder wenn das Fahrzeug im Betrieb im allgemeinen nur eine geringe Geschwindigkeit entwickeln darf. Der AEG-Elektrokarren findet daher auch im Außendienst der Straßenbahnbetriebe ein weitverzweigtes Arbeitsfeld, da er im Strecken-, Reinigungs-, Überwachungs- und Schleppdienst Verwendung finden kann. Die Fahrzeuge werden für die verschiedenen Anwendungsmöglichkeiten mit zweckentsprechenden Aufbauten versehen.

Abb. 1. AEG-Elektrokarren mit Führerstand und nach hinten kippbarer Mulde für den Schienenreinigungsdienst.

Die Reinigung der Rillenschienen erfolgt vielfach noch im Handbetrieb und verursacht hohe Kosten. So betragen bei der Straßenbahn einer mittelgroßen Stadt mit einer Gleislänge von etwa 200 km bei durchschnittlich wöchentlich zweimaliger Reinigung der Schienen im Handbetrieb die Kosten einschließlich Abfuhr des Schmutzes, der Unterhaltung der Geräte und der Lohnzuschläge 40 bis 45 RM/km. Eine wesentliche Verbilligung sowie ein bedeutender Zeitgewinn treten ein, wenn ein mit einer Mulde versehener Elektrokarren (Abb. 1), vor den die Schienen reinigenden Arbeitern herfährt, so daß diese die gefüllten Schaufeln mühelos in die Mulde entleeren können. Das Arbeitstempo wird wesentlich beschleunigt und die Leistung dadurch gesteigert. Für die Entleerung der Mulde ist an der hinteren Stirnwand eine lösbare Klappe angebracht, außerdem ermöglicht eine von Hand zu bedienende Teleskopwinde das Kippen der Mulde.

Abb. 2. AEG-Elektrokarren mit Zweiradlenkung für 1500 kg Tragkraft mit aufgesetztem Maschinensatz für Schienenschweißung.

Für das elektrische Schweißen von Schienenstößen ist ein Umformeraggregat erforderlich, das an den verschiedensten Stellen eingesetzt werden muß. Es hat sich als zweckmäßig erwiesen, den vollständigen Schweißmaschinensatz auf einem Elektrokarren zu befördern. Das Aggregat wird auf den Karren in einfachster Weise befestigt, sodaß es leicht abgenommen werden kann (Abb. 2).

Abb. 3. AEG-Elektro-Führersitzkarren für 2000 kg Tragkraft mit Pritsche und umlegbaren Bordwänden.

Neben den gewöhnlichen Weichen bedürfen besonders die elektrisch gestellten Weichen einer regelmäßigen Überwachung; daher müssen Montagekolonnen mit Werkzeugen usw. dauernd unterwegs, bzw. insbesondere bei Betriebstörungen, Schneefall usw. schnell zur Stelle sein. Hierbei sind oft längere Fahrstrecken zurückzulegen, so daß sich der wie ein Kraftwagen lenkbare Elektrokarren mit Führersitz (Abb. 3) gut eingeführt hat.

In vielen Betrieben wird ein häufiges Ausspülen der Weichenkästen oder der Weichenführungen mit Wasser zur Erhaltung einer einwandfreien Betriebsbereitschaft erforderlich. Es empfiehlt sich dann die Verwendung des Elektrokarrens mit aufgesetztem Aggregat, das aus einem Wasserbehälter, einer elektrisch angetriebenen Druckpumpe und den Rohranschlüssen besteht (Abb. 4). Die Pumpe kann auch als Saugpumpe verwendet werden. Der Motor bezieht seinen Strom aus der reichlich bemessenen Batterie des Elektrokarrens. Der Aufbau ist leicht abnehmbar eingerichtet, so daß das Fahrzeug auch für sonstige Förderzwecke benutzt werden kann.

Abb. 4. AEG-Elektrokarren mit Aufbau für Weichenspülung.

Wer etwas Neues aus seiner Fabrikation mitzuteilen hat, worüber bis jetzt noch nichts veröffentlicht worden ist, schicke einen kurzen Originalartikel nebst Abbildung für das

FRÜHJAHRS-MESSEHEFT

der **ETZ**

an die Schriftleitung der »Elektrotechnischen Zeitschrift« Berlin-Charlottenburg, Bismarckstraße 33

Nach dem 1. Februar 1932 können Einsendungen nicht mehr berücksichtigt werden

Angebote für Anzeigen sind zu erhalten von der Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstraße 23-24

Neuer tragbarer Ölprüfapparat.

Mitteilung der AEG.

Bei der Betriebsüberwachung neuzeitlicher elektrischer Anlagen spielt die Ölbewirtschaftung eine beachtliche Rolle. Die sicherste und schnellste Art, Änderungen in der Beschaffenheit des Öls festzustellen, ist die Prüfung der Durchschlagfestigkeit. Jede diese Untersuchung erleichternde Maßnahme, sei es Verbilligung oder technische Vervollkommnung, ist daher zu begrüßen. Aus diesen Überlegungen heraus entwickelte die AEG einen neuen tragbaren Ölprüfapparat, der in einfacher Weise die Prüfung der elektrischen Ölfestigkeit in Übereinstimmung mit den „Vorschriften für Transformatoren- und Schalteröle" des VDE ermöglicht. In diesen Vorschriften sind zwei Versuchsanordnungen als zulässig angegeben:

a) Apparate mit festem Elektrodenabstand von 3 mm,
b) Apparate mit veränderlichem Elektrodenabstand und gleichbleibender Spannung.

Abb. 1. Gesamtansicht des Ölprüfapparates.

Die zweite Anordnung wird bei dem neuen Prüfapparat benutzt. Die Oberspannung beträgt 30 kV; der Abstand der Prüfelektroden ist zwischen 1 und 12 mm veränderlich, so daß sich Ölfestigkeiten von 30 bis 300 kV/cm feststellen lassen.

Die Leistung des Apparates beträgt 2500 VA, mithin das Zehnfache der in den VDE-Vorschriften angegebenen Mindestleistungen.

Der Abstand der Prüfelektroden wird durch eine Mikrometerschraube geregelt, die unmittelbare Ablesung gestattet (Abb. 3). Eine in Messing geätzte und an dem Apparat gut sichtbar angebrachte Zahlentafel gibt die Ölfestigkeit in kV/cm als Funktion des abgelesenen Elektrodenabstandes an.

Der vollständige Apparat wiegt nur 25 kg und ist an einem Bügel bequem tragbar (Abb. 1). Mit Hilfe eines Steckers kann der Apparat an eine beliebige Anschlußdose des Wechselstrom-Lichtnetzes angeschlossen werden. Ein Umschaltstecker ermöglicht Anschluß an 110 oder 220 V. Auch bei hiervon abweichenden Spannungen ist die Verwendbarkeit des Apparates nicht beeinträchtigt; es sind dann nur die ermittelten Festigkeitswerte entsprechend der Unterspannung umzurechnen. Die Ablesungen gelten unverändert für Frequenzen zwischen 50 und 60 Per/s.

Das Gefäß zur Unterbringung des zu prüfenden Öles ist nur bei geöffnetem Deckel erreichbar (Abb. 2). Durch das Öffnen des Deckels wird jedoch die zugeführte Spannung unterbrochen, so daß das Innere des Apparates nur im spannungslosen Zustand zugängig ist. Da auch der Griff der Mikrometerschraube in jedem Fall spannungslos bleibt, so ist die Bedienung des Apparates völlig gefahrlos. Kern und Wicklung des Transformators sind in Vergußmasse eingebettet.

Es sei ferner darauf hingewiesen, daß nach den VDE-Vorschriften vor Anlegen der Spannung das zu prüfende Öl 10 min ruhig im Prüfgefäß stehen muß, eine Vorschrift, die leider häufig übersehen wird und so zu falschen Meßergebnissen führt. Auch wird oft zu wenig darauf geachtet, daß von einer Ölprobe wenigstens sechs Durchschlagversuche zu machen sind,

Abb. 2. Ölprüfapparat geöffnet.

von denen nur der Mittelwert der letzten fünf zur Beurteilung der Güte herangezogen werden darf. Ferner ist wichtig, daß nach jedem Durchschlag das Öl zwischen den Elektroden durch Umrühren mit einem reinen und trockenen Glasstäbchen erneuert wird. Der Glasstab, am Gehäuse befestigt, wird mitgeliefert.

Gemäß der Forderung des VDE ist der Apparat mit Kupferkalotten von 25 mm Halbmesser ausgerüstet.

Abb. 3. Ölprüfgefäß mit Elektroden.

Abb. 3 zeigt die leichte Abnehmbarkeit der Elektroden. Auf Wunsch können auch kugelförmige Elektroden entsprechend der „British Standard Specification for Insulating Oils for Electrical Purposes", der British Engineering Standards Association (BESA) geliefert werden

Ferngesteuerte Motorschutzschalter.

Mitteilung der AEG.

Entsprechend den Forderungen der Praxis wurden in letzter Zeit ferngesteuerte Motorschutzschalter für alle Verwendungszwecke entwickelt. Bei allen diesen Konstruktionen, von denen nachstehend einige als Beispiel kurz beschrieben werden sollen, sind für den Überlastungschutz der Motoren Bimetallauslöser verwendet, wie sie bei den bewährten handbetätigten AEG-Motorschutzschaltern Form MSB[1]) erstmalig eingebaut wurden. Diese Auslöser, die zur Verbreitung der genannten Schalter am stärksten beigetragen haben, zeichnen sich dadurch aus, daß sie ein getreues Abbild der Erwärmungsverhältnisse im Motor geben und somit nicht nur einen einwandfreien Schutz gewährleisten, sondern auch jede unnötige Betriebsunterbrechung verhindern.

Für kleinere Motoren wurde von der AEG der Motor-Sicherheits-Fernschalter Form MSF[2]) (Abb. 1) entwickelt, der für Motoren bis etwa 8 PS bestimmt ist, die stets in der gleichen Drehrichtung laufen sollen. Für Motoren, die wahlweise auf Rechts- und Linkslauf umzusteuern sind, bedient man sich des Motor-Sicherheits-Fern-Umkehrschalters Form MSFU, der zwei gegeneinander verriegelte Systeme MSF enthält. Um die Schalter zu einem niedrigen Preis liefern zu können, wurde auf den Einbau von Kurzschlußauslösern verzichtet, so daß für den Schutz gegen Kurzschlüsse Sicherungen vorzuschalten sind. Der Schalter bietet neben dem Schutz vor Überlastung auch Unterspannungschutz. Er hat doppelte Unterbrechung und Silberkontakte, die kaum einer Wartung bedürfen.

Abb. 1. Motor-Sicherheits-Fernschalter Form MSF 15 mit Druckknopf, Deckel abgenommen.

Für mittlere Motoren bis zu etwa 35 PS findet der fernbetätigte AEG-Motorschutz-Ölschalter Form MSBO[3]) (Abb. 2) Verwendung. Da dieser Schalter bereits an Stellen eingebaut wird, an denen mit hohen Kurzschlußleistungen zu rechnen ist, wurde er mit einem dreipoligen Schnellauslöser ausgerüstet. Eine Verrieglung sorgt dafür, daß das Pumpen, d. h. das dauernde Wiedereinschalten auf einen Kurzschluß unmöglich gemacht wird. Die Schaltleistung dieses Schalters wird noch durch eine neuartige, sehr wirksame Einrichtung, den „Schlaganker", erheblich erhöht. 10 000 A werden bis 60 A Nennstrom und 500 V in einer bis zwei Halbperioden ohne Beeinträchtigung der Betriebsfähigkeit unterbrochen. Dabei ist zu beachten, daß es sich um einen unverklinkten Fernschalter handelt, dessen Abmessungen — 26 cm Höhe und 14 cm Breite — äußerst klein sind.

Abb. 2. Fernbetätigter Motorschutz-Oelschalter, Form MSBO 60.

[1]) s. AEG-Druckschrift Sa/V 372.
[2]) s. AEG-Druckschrift Sa/V 375/6.
[3]) s. AEG-Druckschrift Sa/V 388.

Abb. 3 zeigt einen gußgekapselten AEG-Motorschutzschalter mit Bimetallauslösern und Fernbetätigung, Form AMSBF. Diese Schalter, die im Aufbau dem bekannten, handbetätigten Schalter Form MSB/AMSB entsprechen, werden in offener und gekapselter Ausführung für Nennstromstärken von 100 und 200 A hergestellt. Die Betätigung dieser Schalter, die für hohe Schaltleistungen ausgelegt sind, kann sowohl durch Gleichstrom als auch durch Drehstrom erfolgen. Bei den Schaltern Form MSBF/AMSBF sowie bei den Schaltern Form MSBO kann auf Wunsch eine Schutzvorrichtung (Heinisch-Riedl-Schutz gegen das Auftreten gefährlicher Berührungsspannungen eingebaut werden.

Auch selbsttätige Sterndreieckschalter wurden von der AEG entwickelt, die durch Druckknöpfe fernbetätigt werden können (Form SDF)[4]). Die Umschaltung von der Stern- in die Dreieckstellung erfolgt dabei selbsttätig nach Ablauf einer einstellbaren Anlaufzeit. Auch diese Schalter sind wie alle vorstehend genannten mit Bimetallauslösern für den Überlastungschutz ausgerüstet.

Entsprechend der Bedeutung der Fernsteuerung stehen somit Fernschalter für jeden Zweck zur Verfügung.

Zum Schluß seien noch kurz die Vorteile der Fernbetätigung zusammengefaßt. Einmal ergeben sich leichtere Anbaumöglichkeiten an Werkzeugmaschinen und dergleichen, da sich für den Druckknopf an der vorteilhaftesten Stelle stets noch ein Platz findet, während der größere Schalter rückseitig angeordnet werden kann. Für die Betätigung von Druckknöpfen ist auch ganz allgemein weder ein Anlernen oder Überlegen noch eine besondere Geschicklichkeit erforderlich, daher erfolgt auch keine Ablenkung des Bedienenden von seiner eigentlichen Arbeit. Ferner werden die Griffzeiten verkürzt und die Sicherheit erhöht, so daß sich die Bedeutung dieser Schalter für gefährdete Betriebe wie z. B. explosionsgefährdete Räume usw. ohne weiteres ergibt.

Abb. 3. Gußgekapselter Motorschutzschalter mit Bimetallauslösern und Fernbetätigung, Form AMSBF 200. Tür geöffnet, rechte Funkenkammer herausgenommen.

[4]) s. AEG-Druckschrift Sa/V 390.

Für den Anzeigenteil verantwortlich F. Luckhardt, Berlin SO 36 — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin-Charlottenburg.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9 — Druck von H. S. Hermann G. m. b. H., Berlin SW 19 — Printed in Germany